CHRISTIAN GELLERT

aprenda

Válvulas y Tubos

en 15 días

Un método ideal de autoenseñanza sin matemáticas

casi leyendo de corrido usted llegará a dominar los misterios de las VALVULAS Y TUBOS

EDITORIAL NEO TECNICA

APRENDA VALVULAS Y TUBOS EN 15 DIAS

CHRISTIAN GELLERT
con la dirección técnica del
ING. FRANCISCO L. SINGER

APRENDA
VALVULAS y TUBOS
EN 15 DIAS

TERCERA EDICION ACTUALIZADA
CON TUBOS PARA TV-COLOR

EDITORIAL NEO TECNICA

ARENALES 1258 BUENOS AIRES

Primera edición: agosto 1971
Segunda edición: julio 1976

Queda hecho el depósito que marca la Ley Nº 11.723

Copyright © by FRANCISCO L. SINGER

IMPRESO EN LA ARGENTINA PRINTED IN ARGENTINA

Día 1

La Electrónica ha cambiado al mundo, a la gente, ha alterado profundamente sus costumbres, las nociones de tiempo y espacio, en fin, ha producido lo que puede llamarse la revolución tecnológica de todos los tiempos. La mayoría de los campos de la actividad humana han sido invadidos por aparatos electrónicos de la más diversa índole y que vemos y usamos ya despreocupadamente sin analizar que cada uno de ellos es una viva demostración del ingenio del hombre. El teléfono, la radio, la televisión, la comunicación por satélites son solamente algunos ejemplos de una lista que nunca podremos completar, pues al mismo tiempo que la estamos escribiendo se van agregando nuevos aparatos, nuevas ideas, nuevas maravillas de la ciencia electrónica.

Y bien, todo eso nació junto con la válvula electrónica y aunque la tendencia actual es reemplazarla por dispositivos sólidos, hay y habrá por mucho tiempo enormes cantidades de válvulas en el mundo. Estudiaremos la teoría, el comportamiento y las aplicaciones de las válvulas y en esta primera jornada nos ocuparemos del principio físico que la hizo posible: la emisión de electrones. Abordemos pues el tema.

LA EMISION TERMOIONICA

No pretendemos hacer historia, porque nuestro objetivo es encarar directamente los temas prácticos, pero no se puede dejar de mencionar que la válvula electrónica nació de la observación de fenómenos que parecieron curiosos y hasta molestos. Fue Edison, el inventor de la lámpara eléctrica incandescente, el que observó que, con el uso de la misma, se producía un oscurecimiento del vidrio, como si se depositara en el interior de la ampolla una especie de hollín que no podía limpiarse; de ahí a pensar que se trataba de materia incrustrada en el vidrio, y que esa materia provenía del filamento de la lámpara, no se tardó mucho. Pero antes de abordar la explicación, tenemos que ocuparnos de algunos temas previos que nos ayudarán a comprender mejor el fenómeno.

Los electrones

La mayoría de los lectores ya saben hoy que los cuerpos están constituidos por una infinidad de pequeñas partículas aglomeradas que se llaman *moléculas*. Si las moléculas están rígidamente ligadas entre sí, tenemos los cuerpos sólidos; si esa ligazón es menos rígida y un poco elástica, tenemos los líquidos; y si la ligazón prácticamente no existe, tenemos los gases. Por ahora nos interesan los cuerpos sólidos y analizaremos la molécula de un sólido cualquiera.

No debemos imaginarnos que las moléculas de un cuerpo son visibles, puesto que son microscópicas, tan pequeñas que durante muchísimo años se las creyó sólidas, indivisibles, hasta que finalmente se descubrió que están formadas por la aglomeración de corpúsculos más pequeños todavía, que se llaman *átomos*. Y también pasaron muchos años hasta que se descubrió que los átomos tampoco son sólidos macizos sino que forman algo así como una esfera hueca con un pequeño sólido central y algunos corpúsculos girando velozmente alrededor. Aquí conviene mencionar las dimensiones del átomo, para comprender el enorme esfuerzo de la ciencia que hubo que desplegar para analizar estas cosas: si imaginamos que colocamos unos 5 millones de átomos formando una hilera, la longitud de la misma sería ¡de un milímetro!

Veamos entonces un poco ese minúsculo sistema planetario que constituye el átomo, y que ilustramos sintéticamente en la figura 1. Hay un cuerpo central, llamado *núcleo*, que está formado a su vez de una aglomeración de partículas; los corpusculitos que giran en torno con velocidad fabulosa, son los *electrones*. ¿Porqué aparentaba ser sólido el átomo? —Por la misma razón que si atamos una piedra con un hilo y le imprimimos un rápido movimiento de rotación teniendo nuestra mano como centro de giro, no veremos más

la piedra sino un círculo; si en lugar de hacer que el giro se realice en un plano se cumpliera en muchos planos. cosa que no podemos hacer con

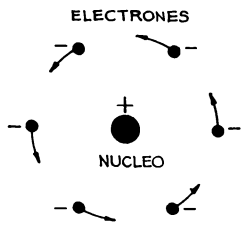


Fig. 1.- Un átomo tiene un núcleo central y varios electrones girando a su alrededor.

nuestra piedra, por supuesto, podríamos ver una esfera sólida que no existe en la realidad, pues siempre se trataría de la misma piedra. Y bien, los electrones que giran en torno al núcleo, uno en el plano del papel de este libro, otro en un plano perpendicular, otros en planos diferentes, le dan al átomo apariencia de un sólido macizo que no existe.

El segundo descubrimiento trascendental sobre este asunto fue que tanto el núcleo como los electrones de los átomos son cargas eléctricas y que en el núcleo hay tantas cargas como para equilibrar la suma de electrones. El electrón, pues, es la más pequeña carga eléctrica que existe. Si tenemos 5 electrones en un átomo, el núcleo tendrá 5 cargas eléctricas.

Pero no termina aquí el maravilloso descubrimiento. Sabemos que las cargas eléctricas ejercen fuerzas de atracción o de repulsión entre ellas, y precisando más el detalle diremos que se atraen las de signo contrario y se rechazan las del mismo signo. Bueno, los electrones son cargas *negativas* y el núcleo tiene cargas eléctricas *positivas*; en consecuencia el núcleo ejercerá fuerzas de atracción sobre los electrones. Ahora se aclara el panorama, porque en el ejemplo de la piedra y el hilo, era precisamente el hilo el que impedía que la fuerza centrífuga creada por el giro de la piedra hiciera que ella fuera impelida velozmente; si el hilo se rompe, la piedra resulta arrojada violentamente. En el caso del átomo, los electrones son impelidos hacia afuera por la fuerza centrífuga del giro, pero la atracción eléctrica del núcleo los mantiene en sus órbitas de giro.

La emisión de electrones

Volvamos a jugar con la piedra; si el hilo se rompe porque aumentamos la velocidad del giro, la piedra se va. En el caso del átomo, ¿se pueden ir los electrones? Si, se pueden ir, si aumentamos su velocidad de giro, porque de ese modo la fuerza centrífuga vencería a la atracción del núcleo que permanece inalterable. ¿Y cómo haríamos para aumentar la velocidad de giro de los electrones, ya que no podemos llegar a ellos debido a sus dimensiones microscópicas? El calor aumenta la velocidad de giro de los electrones en los átomos, pero no se trata de calentar un poco a un cuerpo con una estufa sino de llevarlo al estado de incandescencia. Para que el lector vea claramente lo que esto significa, diremos que la incandescencia es el estado físico que adquiere un cuerpo cuando emite luz; por ejemplo, el filamento de las lámparas eléctricas encendidas está incandescente.

Entonces, si tomamos un alambre metálico (véase figura 2) y lo calentamos haciéndole pasar una corriente eléctrica, ocurrirá que en los átomos de ese cuerpo aumentará la velocidad de giro; cuando se alcanza el estado de incandescencia muchos electrones vencerán la atracción del núcleo y serán impelidos hacia afuera. Esto es lo que se llama *emisión termoiónica*. La corriente eléctrica usada para calentar el alambre se llama corriente de *caldeo*.

¿Qué pasa con los electrones emitidos por el alambre? Bueno, como salieron impulsados por la fuerza centrífuga se alejan del alambre hasta que encuentran otro cuerpo en su camino. Y ahora recordemos lo que descubrió Edison; ese hollín que se incrustaba en el bulbo de vidrio de las lámparas eléctricas, no era otra cosa que la acumulación de electrones.

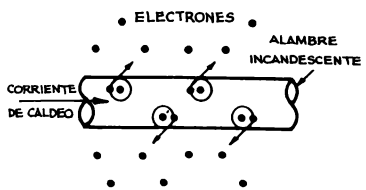


Fig. 2.- Un alambre en estado incandescente emite electrones.

Los corpúsculos o granos de materia que andan sueltos y tienen carga eléctrica, se llaman *iones*; por eso, una emisión de electrones se de-

nomina emisión *iónica* y si el origen de la misma es el calor o sea la vía térmica, la emisión es *termoiónica*. Con esto justificamos el nombre que se usa para este fenómeno y que hemos puesto como título de este capítulo.

Aprovechamiento de la emisión. La placa

Ahora resulta que tenemos una lámpara eléctrica que además de darnos luz nos da una nube de electrones que salen del filamento mientras la lámpara está encendida, y se van a incrustar en el vidrio de la ampolla; eso no nos sirve para nada, pues, al contrario, forma un ennegrecimiento que disminuye el flujo luminoso de la lámpara. En el caso de los tubos fluorescentes, este fenómeno se puede observar muy bien en los extremos del tubo donde están los filamentos, pues con el uso se van formando dos collares ennegrecidos, visibles por la transparencia del recubrimiento lechoso interior del tubo. ¿Qué podemos hacer con esa nube de electrones? Razonemos un poco e inventaremos nosotros también la válvula electrónica.

Los electrones son cargas eléctricas negativas; luego, podemos atraerlos a cualquier lugar donde haya cargas eléctricas positivas. Si colocamos dentro de la ampolla de la lámpara eléctrica una placa metálica, cerca del filamento, como lo muestra la figura 3, y a esa placa aplicamos un

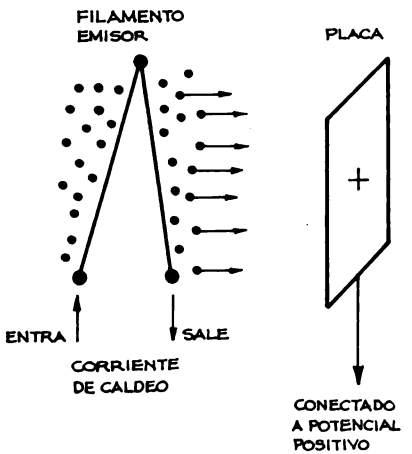


Fig. 3.- Una placa metálica con potencial positivo atrae a los electrones emitidos por el filamento.

potencial eléctrico positivo, los electrones salidos del filamento van a ser atraídos violentamente por la placa. Esto no tiene nada que ver con la corriente eléctrica de caldeo que usamos para calentar el alambre filamento. Pero tenemos un hecho: los electrones desprendidos del filamento forman ahora una rápida procesión que va desde el filamento hacia la placa y que se llama *flujo de electrones*. ¿Para qué nos sirve? Veamos.

Un flujo de electrones que circula por un alambre conductor no es otra cosa que la corriente eléctrica, la cual requiere para subsistir tener una continuidad o sea formar un circuito cerrado. Completemos entonces la figura 3 hasta llegar a la figura 4 que es más real. Por un lado, tenemos allí el filamento conectado a una pila que le suministra la corriente de caldeo para conseguir la emisión termoiónica. Además tenemos la placa a la cual hay que aplicar un potencial eléctrico positivo, y eso lo conseguimos con una batería. Pero ésta tiene dos polos, el positivo y el negativo; bueno, unimos el polo positivo a la placa receptora de electrones para darle a la misma el potencial positivo pedido, y unimos a un extremo del filamento el polo negativo; así hemos cerrado el circuito para el flujo de electrones y tendremos una corriente eléctrica. Si bien el espacio entre el filamento y la placa no tiene alambre conductor, la corriente se mantiene lo mismo, porque ese espacio es saltado por los electrones debido a la impulsión que llevan por la emisión y por la atracción que ejerce sobre ellos (cargas negativas) la placa (carga positiva). Entonces se forma un circuito cerrado que permite la circulación continua de una corriente eléctrica que no tiene nada que ver con la otra corriente que teníamos y que circula por el filamento y la pila, y es la de caldeo. Bueno, ya hemos inventado la válvula electrónica. Falta decir que en el interior de la ampolla o bulbo de esta válvula, tal como ocurre en las lámparas eléctricas, no debe haber aire sino que se hace el vacío. Veamos este detalle con mayor detenimiento.

En las lámparas eléctricas se hace el vacío para permitir que el filamento se mantenga en incandescencia sin fundirse, porque el oxígeno del aire provocaría esa fusión. En las válvulas electrónicas, el vacío se necesita por esa misma razón, pero también por otra; si hubiera aire dentro de la ampolla, los electrones chocarían con los átomos de aire y no llegarían a la placa.

La válvula diodo

Ya tenemos la *válvula* electrónica pero todavía no hemos dicho el porqué de ese nombre. Volvamos a la figura 4 y veamos lo que ocurriría si soltamos uno de los cables de la pila; al no circular la corriente de caldeo, la emisión de electrones cesa y no circulará la corriente de placa aun-

que esté conectada la batería. Luego, podemos hacer que circule o no circule una corriente. Pero hay algo más interesante: la corriente de placa deberá estar colocado en su interior. Si la válvula funciona al vacío, debe haber una ampolla o bulbo, y por algún lado deben salir los alambres

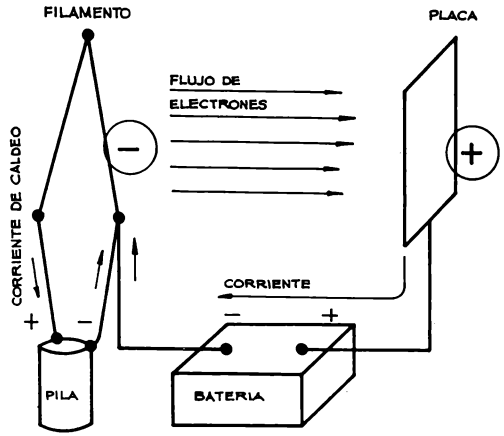


Fig. 4- Para formar el circuito de la corriente de placa se aplica una batería.

solamente puede circular en un sentido, que es el que marcan las flechas, porque si invertimos la batería, conectando el polo negativo a la placa y el positivo al extremo del filamento, no podrá haber corriente eléctrica; esto es evidente porque si la placa es negativa, rechazará a los electrones que son cargas eléctricas negativas y no se cerrará el circuito. Es decir, que nuestra válvula solo permite la circulación de corriente en un sentido, impidiéndolo en el otro; esto justifica el nombre de *válvula* que se le ha dado.

Más adelante veremos que a la válvula electrónica se le agregan otros elementos en el interior, cada uno de los cuales tiene una misión determinada. Cada elemento interior recibe el nombre de *electrodo* y según la cantidad de electrodos, la válvula toma el nombre adicional de diodo, triodo, tetrodo, pentodo cuando tiene 2, 3, 4, 5 electrodos, etcétera. Entonces, la válvula que mostramos en la figura 5 es un diodo porque tiene solamente dos elementos o electrodos: el filamento, también llamado *cátodo* emisor, y la placa, también llamada *ánodo*.

La válvula de la figura 5 es la misma de la figura 4 pero más real. Claro, si queremos aprovechar todos los electrones emitidos por el filamento, que salen del mismo en todas direcciones, la placa tiene que ser cilíndrica y el filamento para conectar al circuito exterior los electrodos; estos alambres se colocan dentro de patas cilíndricas, que permiten que la válvula se enchufe en

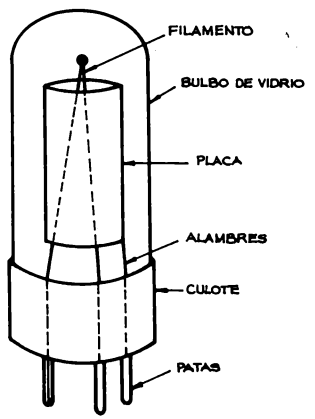


Fig. 5.- Aspecto constructivo de una válvula diodo de calentamiento directo.

un zócalo. En la historia de las válvulas tuvimos primero bulbos de vidrio pegados a un culote de bakelita que sirve de sostén a las patas; luego se hicieron los bulbos de metal pero posteriormente se volvió a los bulbos de vidrio y actualmente se ha suprimido el culote, y las patas están aseguradas directamente al bulbo. La forma de los bulbos también evolucionó desde la esférica, parecida a la de las lámparas eléctricas, hasta la cilíndrica que es la actual.

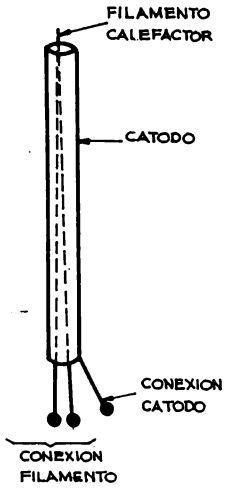


Fig. 6.- El filamento se coloca dentro de un tubo emisor que es el cátodo.

Otra innovación de importancia introducida en la fabricación de válvulas electrónicas la constituyó el *cátodo*. Una de las razones que hubo para esto, es que el metal del filamento no es un material muy apto para emitir electrones, mientras que otras sustancias tienen la propiedad de emitir mayor cantidad de electrones mediante calentamiento; tales sustancias son los óxidos de estroncio, de bario, etcétera. Entonces, se hizo un tubito con esos materiales y se colocó el filamento en su interior, como se ve en la figura 6. El filamento pasó a tener una función meramente calefactora, o sea que sirve para llevar al cátodo, que así se llamó el tubito, al estado de incandescencia. Otra ventaja de esto es que siendo ahora el filamento independiente del circuito de placa, puesto que la conexión común de la pila y la batería que vimos en la figura desaparece, como muestra la figura 7, el filamento puede alimentarse con corriente alternada, sin que ésta produzca potenciales cambiantes en la conexión común.

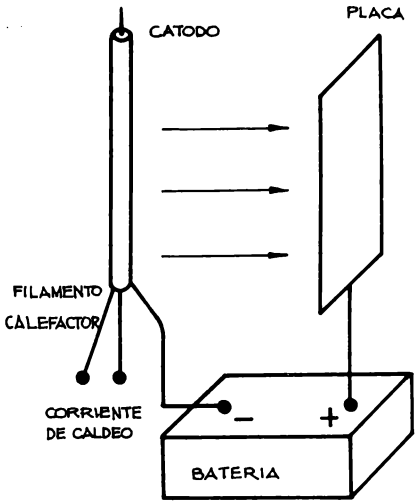


Fig. 7.- El circuito de placa se forma con el cátodo y la placa mediante la batería externa.

Aclaremos que la posibilidad de usar corriente alternada para alimentar al filamento es una ventaja positiva, puesto que como la corriente para el filamento es fuerte, las pilas duraban poco, y si se puede usar corriente alterna se alimenta el filamento desde la red eléctrica mediante un transformador reductor de tensión. Este detalle será tratado más adelante cuando nos ocupemos de conexiones y uso de válvulas.

Vemos claramente que el cátodo puede estar aislado eléctricamente del filamento emisor ya que el calentamiento se produce simplemente por la proximidad entre ellos aunque no estén tocándose. El aspecto constructivo del diodo con cátodo es el mismo que vimos en la figura 5, ya que solamente cambia el hecho de que el filamento está dentro de un tubito. Inclusive la válvula sigue llamándose diodo aunque tenga tres elementos, porque el filamento pasa a tener una función auxiliar; es común que en este caso se lo llame calefactor, porque el nombre de cátodo que le habíamos asignado antes pasa ahora al tubito que lo envuelve.

Día 2

Ahora ya sabemos cómo se produce la emisión de electrones desde un cátodo caliente y cómo esos electrones pueden ser atraídos por una placa metálica que tenga polaridad eléctrica positiva. Lógicamente, debemos comenzar a encontrarle aplicaciones al fenómeno descripto y la primera que explicaremos es la rectificación, operación simple pero de gran importancia por la difusión que alcanzó. En efecto, millones de aparatos de radio y televisión que hay en el mundo tienen en su interior un rectificador, y, por el momento, la mayoría de ellos utilizan una válvula diodo para realizar la operación.

Para entrar en tema casi no necesitamos agregar elementos a los vistos en la jornada anterior; ya teníamos formada la válvula y ahora comenzaremos a conocer las posibilidades que la misma nos brinda. Es importante que avancemos lentamente en el tema para penetrar de a poco en los que siguen, que se referirán a funciones más complejas y que requerirán toda nuestra atención. Abordemos entonces la tarea del día y al final de la misma nos encontraremos nuevamente para comentarla.

LA VALVULA DIODO – RECTIFICACION

De acuerdo con las explicaciones anteriores sabemos que disponemos de un dispositivo que permite la circulación de la corriente eléctrica en un solo sentido, y esto tiene importantes aplicaciones en la Electrónica. Estamos hablando de la válvula electrónica, y en esta oportunidad, de la que tiene solamente dos electrodos, o sea el *diodo* que nos muestra la figura 5. Hacemos la salvedad de que para comprender el funcionamiento no haremos distingos entre el diodo que tiene filamento emisor o el otro tipo, cuyo filamento es solamente calefactor y tiene el tubito emisor que llamamos cátodo.

Para que nos acostumbremos desde el principio a interpretar los esquemas, mostramos en la figura 8 los símbolos de los dos tipos de diodos que acabamos de mencionar. El de la izquierda es el símbolo del diodo cuyo filamento es emisor de electrones, y el de la derecha tiene el cátodo emisor. Estos dos diodos se llaman también, atendiendo al tipo de emisión, diodo de calentamiento directo, el de la izquierda, y diodo de calentamiento indirecto, el de la derecha. El círculo envolvente de los electrodos simula el bulbo o ampolla de la válvula. Tome el lector cualquier circuito de radio o de televisión; seguramente verá en él algún símbolo como los de la figura 8 y ahora sabe que se trata de válvulas diodos.

La rectificación

Repasemos la particularidad más importante que presenta la válvula diodo y que ya hemos

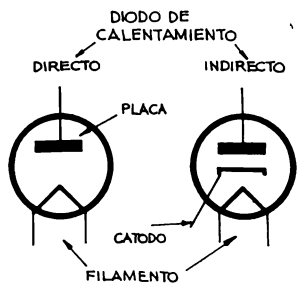


Fig. 8.- Símbolos de las válvulas diodos de calentamiento directo e indirecto.

explicado. Para seguir con la buena práctica de reemplazar los dibujos de los elementos que integran los circuitos por sus símbolos gráficos usuales, mostramos la figura 9. Hay allí dos esquemas o circuitos; el de la izquierda contiene el diodo,

la pila que alimenta su filamento, la batería que usamos para dar polaridad positiva a la placa y un instrumento medidor de corriente eléctrica representado por un círculo atravesado por una flecha: se trata de un amperímetro o miliamperímetro, que se conecta en serie con el circuito, para que la corriente eléctrica pase por él. El esquema de la derecha es casi igual al anterior, pero obsérvese que ahora la batería está al revés, pues tiene abajo su polo positivo y arriba el negativo.

Por lo que explicamos antes, ya sabemos lo que ocurrirá. Cuando la placa tiene polaridad positiva, circulará corriente, y cuando la placa tiene polaridad negativa, no habrá circulación de corriente. Este comportamiento del diodo es el que justificó el nombre de válvula que se usa para denominar al dispositivo o elemento del que nos ocupamos en este libro. Veamos ahora qué aplicación importante tiene esta propiedad.

Sabemos que, en la práctica, hay dos clases de corriente eléctrica que se denominan: *continua* y *alternada*. La corriente continua es la que circula siempre en un mismo sentido y la alternada cambia constantemente y en forma rítmica su sentido de circulación; además, la continua mantiene su intensidad mientras no la alteremos voluntariamente, mientras que la alternada va cambiando de valor también en forma rítmica. La razón de que exista y se use una corriente que presente particularidades tan curiosas, es tema que tratan los libros de Electricidad y está abordado dentro de la colección que integra este libro, pero baste decir que las ondas de radio, las sonoras y en general todas las señales que usamos en las comunicaciones, son fenómenos que responden al tipo de la corriente alternada.

Si tenemos una corriente o una tensión eléctrica alternada, y queremos ver en un gráfico cómo son sus variaciones, tenemos que hacer un gráfico en el cual tomamos en el eje horizontal los tiempos transcurridos, y hacia arriba los valores de la tensión o la intensidad. Esto es algo así como el gráfico de la temperatura diaria que se pone en la cabecera de las camas de los enfermos, con una diferencia importante; en el gráfico de la temperatura, los tiempos se toman en horas, mientras que para representar las variaciones de la corriente, como son fenómenos sumamente rápidos, se toman en microsegundos. Insistimos, no se trata de un error, hablamos de millonésimo de segundo y para justificar la cifra, pensemos que las ondas viajan por el espacio a velocidades tan enormes como 300 millones de metros por segundo, o sea que en el tiempo de un microsegundo han recorrido 300 metros.

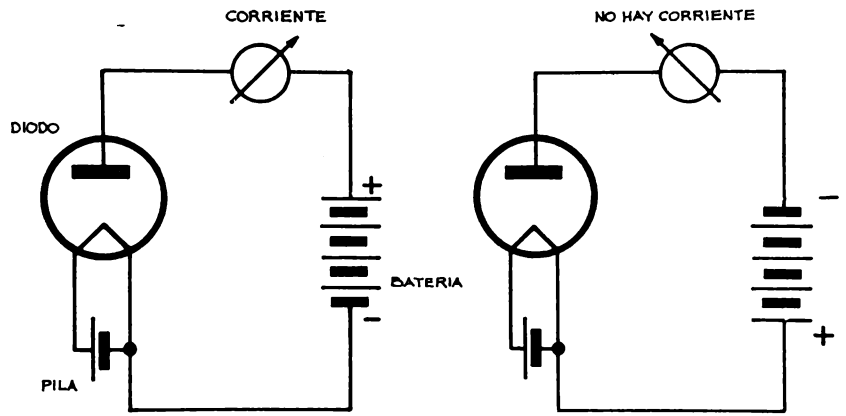


Fig. 9.- La polaridad de la batería de placa hace que circule o no circule la corriente de placa.

Volvamos a nuestro gráfico, que ya presentamos en la figura 10. Tomamos una tensión eléctrica y marcamos hacia arriba del eje los valores que tiene en cada microsegundo que transcurre cuando tiene polaridad positiva, y hacia abajo del eje cuando tiene polaridad negativa. Si fuera el gráfico de una corriente alternada, tomaríamos hacia arriba cuando circula, por ejemplo, hacia la derecha, y hacia abajo cuando circula hacia la izquierda. Uniendo los puntos obtenidos en el gráfico con un trazo continuo, resulta la curva que vemos en la figura 10 y que se llama *senoide*

o también *sinusoide*. Un cambio completo de polaridad y de todos sus valores desde cero hasta el máximo positivo, otra vez cero, el máximo negativo y nuevamente cero, es lo que se llama *ciclo* y con el transcurrir del tiempo se van produciendo otros ciclos, todos iguales. La cantidad de ciclos que se forman en un segundo se llama *frecuencia*. Por ejemplo, la corriente alternada que usamos en nuestras casas tiene 50 ciclos por segundo.

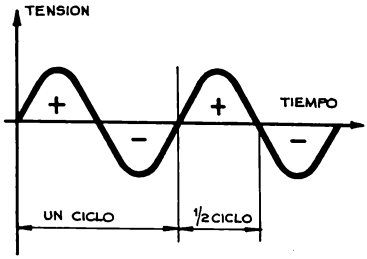


Fig. 10.- Gráfico de variaciones y signos de una tensión alternada.

La explicación precedente es muy sintética y no servirá para los lectores que con ella quieran saber bien qué es la corriente alternada, pero hemos dicho que es tema para los estudios de Electricidad. Pero si queremos aprovechar las propiedades de la válvula diodo que se explicaron en la figura 9, pasemos a la figura 11 y veremos algo interesante. Allí hay un circuito que tiene un diodo que aparece conectado en serie con un aparato de consumo, no importa de que tipo sea. A la izquierda, aparece entre los dos bornes de entrada, el símbolo de la senoide, lo que nos dice que estamos aplicando a ese circuito una tensión alternada. Esos bornes, por ejemplo, pueden ser los dos contactos de un tomacorriente de la instalación domiciliaria. Si a un circuito de consumo le aplicamos una tensión alternada, circulará una corriente eléctrica de las mismas características, o sea alternada; pero en la figura 11 tenemos intercalado un diodo que permite circular a la corriente en una sola dirección, o sea que no permite el cambio de sentido; luego, la corriente que va al consumo circulará solamente durante medio ciclo de la tensión alterna aplicada y durante el otro medio ciclo se interrumpirá la circulación; arriba de la palabra corriente hemos puesto un pequeño símbolo que contiene la parte de arriba de la senoide de la figura 10, dejando el eje horizontal para el medio ciclo en que teníamos curva negativa, o sea por debajo del eje. La operación realizada, de cortar la circulación de la corriente cuando quiere cambiar de sentido de circulación, cosa que podríamos decir como que quiere hacerse negativa, se llama *rectificación*. La corriente en el circuito la representaríamos con un gráfico como el de la figura 10, pero que solamente tuviera las partes de arriba, las positivas. Tal corriente se llama *pulsante*.

Instintivamente pensamos que la denominación de rectificación antes empleada, da idea de convertir a una curva en recta, y la corriente pulsante tiene un gráfico que no tiene nada que ver con una línea recta. Algo falta entonces y es lo que trataremos de inmediato.

Pero aclaremos antes que el diodo que teníamos en la figura 11 era del tipo de calentamiento directo, con la pila u otra fuente eléctrica que suministre la corriente de caldeo para el filamento. Si tuviéramos un diodo de calentamiento indirecto, el esquema sería el de la figura 12, que es muy parecido, solo que el filamento aparece sin unión eléctrica con el circuito de placa, ya que ahora tenemos un cátodo que forma el diodo con la placa. Con esta aclaración, pasemos a mejorar nuestro circuito rectificador.

El capacitor enderezador

Todos sabemos que un capacitor es un dispositivo eléctrico capaz de acumular cargas eléctricas, las que se descargan cuando se cierra el circuito exterior. Veamos lo que sucede si colocamos un capacitor en nuestro circuito del rectificador de la figura 12, con lo que tenemos el de la figura 13. El capacitor que usamos está representado por la letra C colocada junto al símbolo respectivo. Para estudiar el proceso, nos ayudaremos con el gráfico de la figura 14, que muestra los medios ciclos que resultan por la acción de la válvula

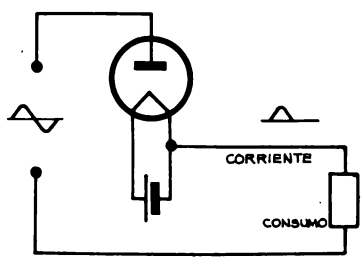


Fig. 11.- Aplicando una tensión alterna a un diodo la corriente en el consumo es pulsante.

diodo, pues los medios ciclos negativos son eliminados.

Durante el primer medio ciclo positivo de la tensión alterna aplicada a la entrada, el diodo

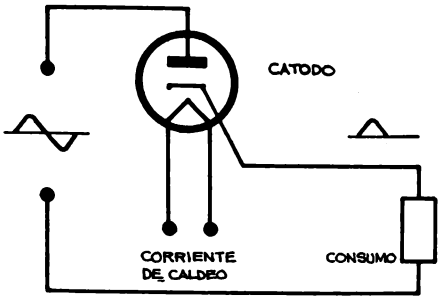


Fig. 12.- Lo mismo que pasaba en la figura 11 ocurre con un diodo de calentamiento indirecto.

deja pasar corriente, la que además de circular por el consumo que ahora representamos por una resistencia R, cargará al capacitor C. Cuando la tensión comienza a disminuir, a partir del punto A, el capacitor comienza a descargarse sobre el circuito de consumo y en lugar de bajar la curva desde A hacia G, por efecto de la descarga del capacitor vamos al punto B; aquí tenemos otra vez tensión positiva del segundo medio ciclo y se le devuelve al capacitor la carga que perdió hasta el pundo D. Luego vuelve a producirse la descarga del mismo, según la parte DF, y así siguiendo. Es decir, que en vez de tener una corriente de circulación pulsante, según el grafiquito que pusimos a la salida en las figuras 11 y 12, tenemos una corriente que, si bien no es una recta pura, tiene pequeñas ondulaciones, como lo representa el gráfico que vemos en la figura 13 y que indicamos como c.c.

El filtro completo

Ya tenemos en el circuito de consumo, que simbolizamos como una resistencia R en los cir-

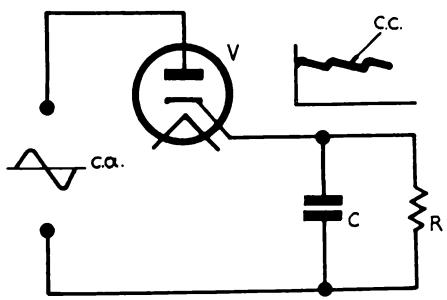


Fig. 13.- El capacitor derivado sobre la carga ejerce una acción enderezadora sobre la corriente rectificada.

cuitos, una corriente que es casi continua pura. Falta mejorar la acción del capacitor enderezador para lograr el éxito. Por lo pronto, si aumentamos la capacidad de ese capacitor, aumentaremos su posibilidad de carga y la ondulación de salida será menor. Por esta razón se emplean capacitores de alta capacidad, del tipo que se denomina como capacitores *electrolíticos* y cuyo símbolo es un poco diferente al anterior. En la figura 15 podemos ver esos símbolos para los capacitores C

Pero allí vemos otro símbolo, al cual le asignamos la letra L. Se trata de una bobina que tiene núcleo de hierro como el de los transformadores, y que se conecta en serie con el consumo. La razón de esta inclusión la explicamos, si recordamos las propiedades de las bobinas cuando la corriente que las recorre es variable. Por el fenómeno de autoinducción, estudiado en Física y Electricidad, la bobina reacciona ante las variaciones

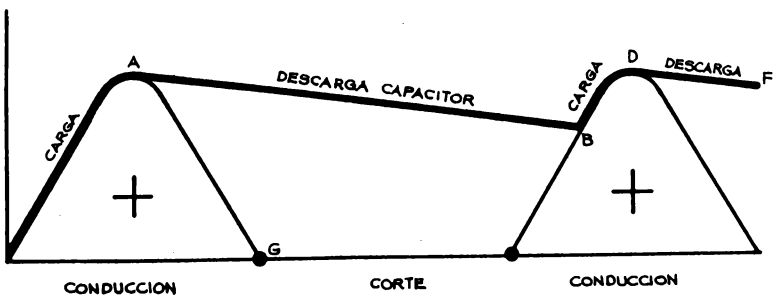


Fig. 14.- Aquí se demuestra el efecto enderezador del capacitor que se conectó en la figura 13.

de corriente tratando de impedirlas. Luego, las variaciones y ondulaciones que todavía tenía nuestra corriente rectificada del esquema de la

L, en la práctica, se llama *impedancia* de filtro y el conjunto de ella con los dos capacitores, es el *filtro*.

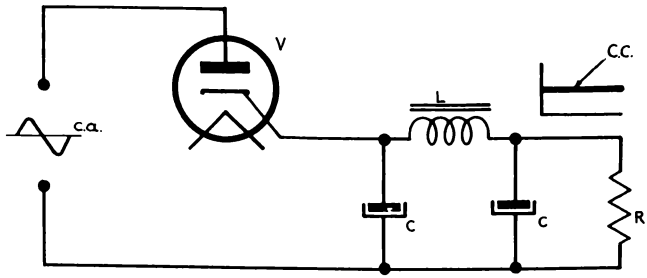


Fig. 15.- La acción enderezadora se complementa con el filtro formado por la inductancia y los capacitores.

figura 13, serán enderezadas o aplastadas, y tendremos una corriente de salida completamente continua, como la representamos en esta misma figura. A esa acción contribuye el segundo capacitor que aparece a la salida de la bobina L y que colabora con el efecto enderezador que hace el primero y que ya habíamos explicado. La bobina

Tensión inversa de cresta

Vamos a explicar un detalle muy importante que tiene que ver con los diodos rectificadores, sean válvulas electrónicas o de otro tipo, como los que serán estudiados en otro tomo de esta colección. Tiene que ver con la máxima tensión que se produce entre la placa y el cátodo del rec-

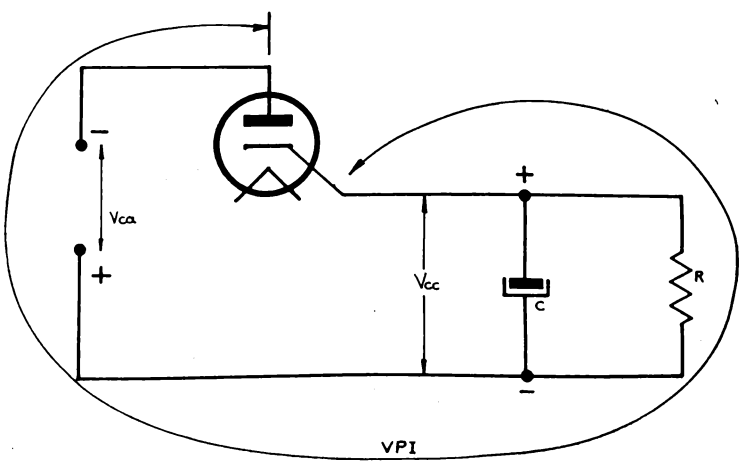


Fig. 16.- Explicación gráfica de lo que se llama tensión de pico inverso.

tificador, y que debe ser tenida en cuenta para evitar que se deteriore. En efecto, cuando entre dos puntos de un circuito eléctrico abierto aparece una elevación de tensión, según la distancia que haya entre esos puntos puede producirse una descarga en forma de chispa con alta temperatura. Eso, en el caso de las válvulas, ocasiona desprendimiento del material emisor del cátodo, que llega a inutilizar la válvula.

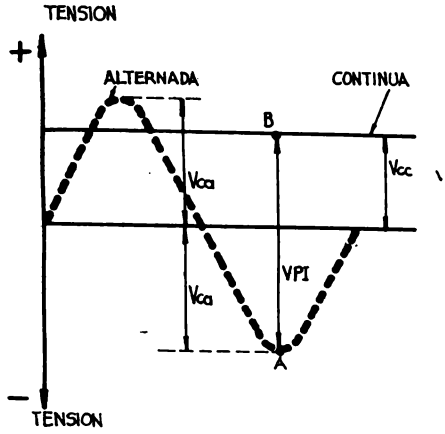


Fig. 17.- En este gráfico se puede determinar el valor de la tensión máxima de pico inverso.

Tomemos el circuito de la figura 16, completamente similar al de la 13, y veamos qué es lo que ocurre cuando en la fuente o entrada estamos en el instante del medio ciclo negativo, o sea que la placa del diodo tiene tensión negativa, punto A de la figura 17. En ese mismo instante, la tensión en el circuito de salida, punto superior del conjunto R y C, es el valor de la tensión rectificada Vcc y en la entrada tenemos el valor máximo, también llamado de *cresta* o de *pico*, Vca. Luego, en el cátodo de la válvula, tenemos una tensión positiva Vcc, punto B de la figura 17 y en la placa una negativa Vca, punto A de la misma figura. Es evidente que entre la placa y el cátodo habrá una tensión igual a la suma de ambos valores, dado por la medida BA de la figura 17, que se llama VPI (iniciales de volt-pico-inverso) o máxima tensión inversa de cresta.

Obsérvese que la tensión inversa de cresta máxima es grandes, ya que es más que el doble de la tensión continua que tenemos en el circuito de salida o de consumo. Y como sabemos que el valor de pico o cresta de la tensión alternada es mayor que el valor que indica un voltímetro conectado para medirla, que siempre marca el promedio cuadrático de la senoide que es el 70% del valor de pico, tenemos que recordar esto para utilizar rectificadores. Veamos en cifras lo que resulta:

Si deseamos rectificar una tensión alternada de 220 volt, cifra que representa el medio cuadrático o *valor eficaz*, que es la que indica el voltímetro, el valor de pico de esa tensión será 1,4 veces la cifra anterior, o sea 308 volt. Ahora veamos cuál puede ser el máximo valor de la tensión continua en el circuito de consumo; si recordamos el efecto enderezador del filtro, figura 14, y suponemos que la eficacia del mismo sea tal que la tensión continua alcance a una recta horizontal que pase por los puntos A y D de esa figura, tal tensión continua será igual al valor de pico de la alternada, o sea 308 volt. Luego, la máxima tensión inversa de pico será de 308+308= 616 volt. Esta cifra de 616, comparada con la tensión alternada de entrada, tomada como valor eficaz, 220 volt, da una relación de 2,8 veces; luego, en resumen, el diodo debe ser capaz de soportar una tensión inversa de pico igual a 2,8 veces la tensión alternada eficaz que le apliquemos para rectificar. En la práctica, para quedar con un margen de seguridad, se toma una cifra de 3 en lugar de 2,8 y entonces decimos que el rectificador se elegirá con una VPI de 3 veces la tensión alterna

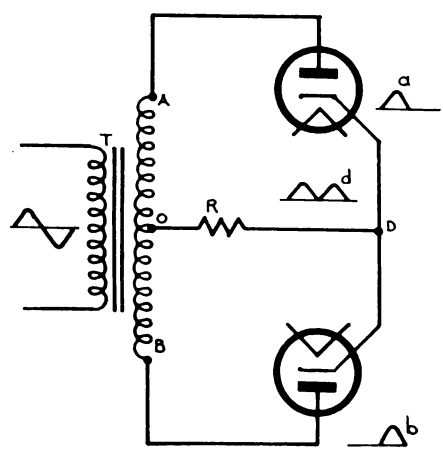


Fig. 18.- Esquema básico de la rectificación de onda completa utilizando dos válvulas diodos.

a rectificar. En el caso de rectificadores para la línea eléctrica de 220 volt, tendríamos una VPI de 660 volt y el diodo que coloquemos debe ser

capaz de soportar esa cifra o, no habiendo modelos que den ese valor exacto, tomaremos uno que tenga una cifra mayor.

Rectificación de onda completa

Todos los circuitos de rectificadores que hemos visto hasta ahora se llaman de *media onda*, porque insertado el diodo en el circuito

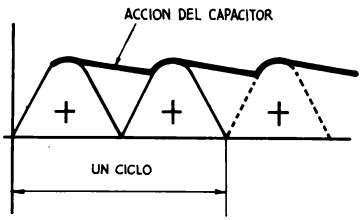


Fig. 19.- La acción enderezadora del capacitor es más efectiva en la rectificación de onda completa.

solo permite el pasaje de corriente durante medio ciclo de la tensión alternada aplicada; para rellenar el hueco del medio ciclo faltante, se usa la acción enderezadora del capacitor. A fin de no emplear capacitores de tan alta capacidad y obtener una corriente continua más pura, sin ondulaciones, se utilizan los rectificadores llamados de *onda completa*, cuyo esquema básico podemos ver en la figura 18. Utiliza dos diodos, y la fuente de alterna debe presentar un punto medio o neutro O, que sea el centro eléctrico entre los extremos A y B. Esto se logra insertando entre la línea de alternada y el circuito, un transformador T, cuyo bobinado primario se conecta a la línea y cuyo secundario va al circuito rectificador.

Veamos lo que ocurre durante los dos medios ciclos de la tensión alterna aplicada. Durante medio ciclo, tendremos positivo el punto A, y durante el otro medio ciclo, será positivo el punto B. Cuando es positivo el punto A, el diodo superior deja pasar corriente desde A hasta D, y de aquí se cierra el circuito hacia el punto O a través de la carga R, circuito de consumo. En ese intervalo el diodo inferior tiene su placa negativa y no deja pasar corriente. Durante el medio ciclo que sigue se hace positivo el punto B y negativo el A, con lo que la corriente solo pasa por el diodo inferior desde B por D hacia O, también circulando por la carga R. En resumen, el diodo superior deja pasar corriente durante medio ciclo, gráfico a, el diodo inferior deja pasar corriente durante otro medio ciclo, gráfico b, pero por la carga R pasa corriente durante el ciclo entero, gráfico d.

Podemos llevar a un gráfico el resultado obtenido, el que vemos en la figura 19, que puede ser comparado con el de la figura 14, para ver la ventaja del rectificador de onda completa. Si agregamos al circuito el capacitor enderezador vemos que el espacio que el mismo debe rellenar en el gráfico es mucho menor y, por lo tanto, se necesitará un capacitor de menor capacidad a la vez que se obtiene una línea enderezada más recta que la anterior.

Para completar el panorama presentamos el circuito real de un rectificador de onda completa en la figura 20. En lugar de dos válvulas diodos,

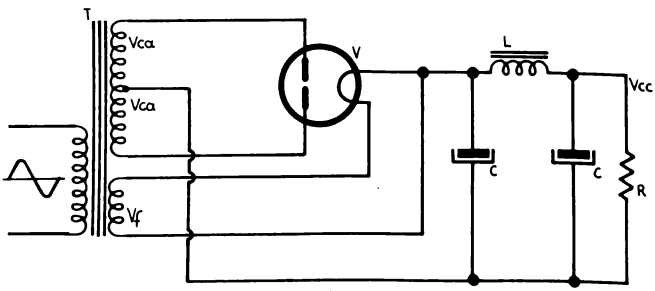


Fig. 20.- Circuito de un rectificador de onda completa con una válvula doble diodo.

suele usarse una válvula que contiene dos diodos juntos, pero ello se logra con un solo filamento y dos placas; constructivamente se logra esto colo-

cando dos cilindros en la ampolla, y el filamento es largo y pasa dentro de los dos cilindros. El transformador T se hace con un bobinado primario para conectar a la línea eléctrica, y dos secundarios; uno es el que teníamos en la figura 18, tiene punto medio y cada mitad debe entregar la tensión Vca que necesitamos rectificar. El otro bobinado entrega la tensión Vf para alimentar el filamento de la válvula, y en este caso puede no haber cátodo, porque no perjudica la acción de los potenciales alternos en el filamento, ya que hay un filtro a la salida del rectificador. La acción filtrante enderezadora de los dos capacitores C y de la bobina o impedancia L ya ha sido explicada al ocuparnos de la figura 15, de modo que tenemos el rectificador completo. Dando cifras, si necesitamos en el circuito de consumo R, una tensión continua de 250 volt, a un consumo de 100 miliamper, usaremos una rectificadora tipo 5Y3 por ejemplo, y adquiriremos un transformador T que entregue 500 volt, con punto medio en el bobinado grande y 5 volt para el filamento; las corrientes máximas de esos bobinados serán de 100 miliamper para el grande y 2 amper para el de filamento. Los capacitores del filtro tendrán una capacidad de 40 microfarad cada uno, con aislación de trabajo para 350 volt por razones de seguridad, y la impedancia será de 10 henry como mínimo, apta para 100 miliamper de pasaje.

Día 3

Estamos seguros que el lector ha pensado que, por ahora, no hay complicaciones y va entendiendo perfectamente todo lo que se explica. Para algunos inclusive resulta conocido lo que ha encontrado en las páginas pasadas. Pero no debemos dejar de leer todo, pues en los capítulos siguientes necesitaremos referirnos a conceptos ya tratados y más de una vez volveremos unas páginas atrás para dar una mirada a alguna figura que nos recordará algo que necesitamos para comprender lo que sigue.

Encararemos en la presente jornada el estudio del triodo, es decir que recién ahora entramos en la válvula electrónica con todos sus electrodos o partes fundamentales. Ahora el diodo cambia su comportamiento, pues en vez de servir simplemente como un puente de electrones comenzamos a gobernar la marcha de los mismos desde el exterior. De aquí en adelante iremos perfeccionando nuestra válvula, pero el principio de funcionamiento del triodo será siempre el fundamental, el básico, que ha permitido realizar todos los equipos electrónicos del presente. Pongamos manos a la obra.

LA VALVULA TRIODO – AMPLIFICACION

Ya nos hemos ocupado de la válvula electrónica de dos electrodos, o sea del diodo, y le encontramos una interesante y valiosa propiedad: la rectificación. Desde el descubrimiento de las propiedades de la válvula diodo, la investigación científica y los descubrimientos no han cesado, y aparecieron otras válvulas para numerosas aplicaciones, y hubieran seguido revolucionando al mundo tecnológico si no les hubiera salido al paso un maravilloso competidor: el transistor. Pero pese a que parecería que en el futuro este último va a terminar con la primera, se siguen fabricando y usando válvulas, de modo que debemos estudiar su funcionamiento y aplicaciones.

Control del flujo electrónico

Recordemos un poco la figura 4 y volvamos a colocar los elementos que teníamos, pero con un agregado, tal como lo muestra la figura 21. Además, en adelante colocaremos siempre como emisor al cátodo, porque es más cómodo para las explicaciones y porque la mayoría de las válvulas modernas lo tienen; de este modo, aunque no se dibuje el filamento calefactor sabemos que él está dentro del cátodo, pues en caso contrario no tendríamos válvula, ya que el cátodo no emite electrones en frío. Veamos el motivo del agregado de ese otro electrodo, que desde ya denominamos como *grilla*.

Recordamos que, al estar el cátodo incandescente, se produce la emisión de electrones y que, al tener potencial positivo la placa, esos electrones son atraídos por ella. ¿Qué pasaría si en el

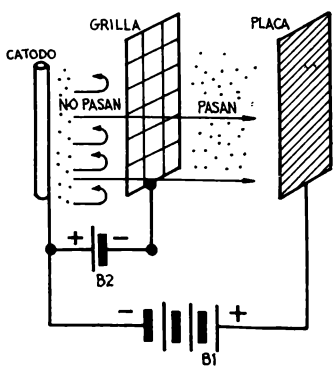


Fig. 21.- La intercalación de una grilla en el camino de los electrones es el principio de la válvula triodo.

camino de los electrones, entre el cátodo y la placa, intercalamos una malla metálica? Si esa malla es bastante abierta como para que no cho-

quen contra ella muchos electrones, el flujo seguirá su camino hacia la placa. Pero, ¿y si a esa malla metálica le aplicamos un potencial eléctrico

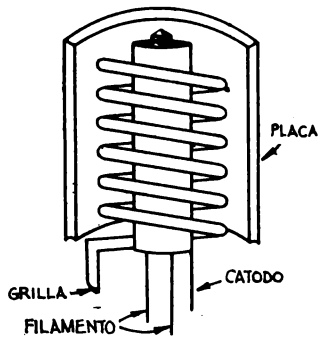


Fig. 22.- Disposición esquemática constructiva de la válvula triodo.

negativo? Ahora las cosas cambian porque, al ser los electrones cargas eléctricas negativas, la carga negativa de la malla los rechazará y volverán hacia el cátodo, o, como éste también tiene carga negativa, quedarán en forma de nube en el espacio comprendido entre el cátodo y la malla.

Pero las cosas no son tan drásticas. No necesitamos dar a la malla metálica un potencial negativo tan alto como para que rechace a todos los electrones que van hacia la placa; se trata de colocar conectada a esa malla, una batería que tenga una tensión mucho menor que la que tenemos conectada en la placa, es decir que B2 tendrá una tensión mucho menor que B1 en la figura 21. Entonces, algunos electrones serán rechazados pero otros no y pasarán por las aberturas de la malla y llegarán a la placa. Luego, el efecto de la malla es el de reducir el flujo electrónico. La pregunta lógica es: Si primero producimos un flujo electrónico entre cátodo y placa, ¿para qué ahora lo queremos reducir? Lo que queremos es controlarlo y no reducirlo, y eso lo veremos de inmediato.

Pero hagamos algunas apreciaciones prácticas para que el lector no se vaya formando ideas falsas sobre las válvulas. Primero, la construcción interna de la válvula no es la de la figura 21, como no lo era la que vimos en la figura 4 o en la 7, sino la de la figura 5 en el caso del diodo. Ahora la malla metálica de la figura 21, en la práctica, es una espiral de alambre delgado que forma un cilindro colocado en forma concéntrica con el cátodo y dentro del cilindro mayor, que es la placa, tal como lo quiere mostrar la figura 22; aquí no se ha dibujado la placa completa para poder ver bien la forma de la *grilla*, que así se llama el tercer electrodo que tiene la válvula que estamos describiendo, y que, por lo tanto, se llama *triodo*.

El triodo

Ya conocemos a la válvula de tres electrodos o triodo; ahora pasemos al circuito de conexiones de la misma que vemos en la figura 23. Dentro del círculo que representa a la válvula, aparece una línea de trazos entre el cátodo y la placa: es la grilla. Sabemos que el circuito de placa es cerrado y comprende el cátodo, la placa, el instrumento indicador de corriente mA (miliamperímetro) y la batería de placa B1; el instrumento acusa la corriente de placa Ia. Aclaremos que la letra *a* que caracteriza a la corriente de placa, se debe a que ese electrodo también se llama *ánodo*

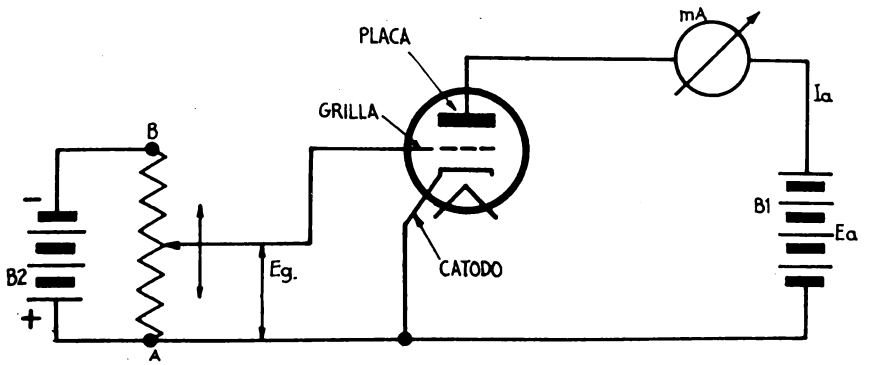


Fig. 23.- Circuito que permite apreciar el funcionamiento de un triodo.

y entonces nos reservamos la letra *p* para referirnos a otro electrodo que tienen algunas válvulas, y del cual nos ocuparemos en el capítulo próximo.

Ahora veamos nuevamente el circuito que habíamos dibujado, y notamos que la batería B2 para polarizar negativamente la grilla no está conectada directamente a ella, sino que se intercala, derivado sobre la batería, un resistor variable, a cursor, que comunmente se llama *potenciómetro*. Deslizando el cursor del potenciómetro se toman tensiones mayores o menores para aplicar a la grilla; concretamente, si el cursor está en el punto A, la tensión que tomamos es cero, y si está en B, es el máximo que da la batería. La tensión que tomamos para la grilla la llamamos Eg y no tiene nada que ver con la tensión que da la batería de placa B1, tensión que llamamos Ea.

Ya podemos verificar un fenómeno muy interesante; si observamos la aguja del instrumento mA mientras corremos el cursor del potenciómetro hacia arriba y hacia abajo, observaremos que la lectura varía. Claro, cuando corremos ese cursor hacia arriba, damos a la grilla una tensión más negativa y ella frenará una mayor cantidad de electrones en su carrera hacia la placa; esto se traduce en que menos electrones llegan a la placa, o sea que se reduce la intensidad de la corriente de placa. Viceversa, cuando corremos el cursor hacia abajo, la tensión negativa aplicada a la grilla es menor, ella frena menos a los electrones y permite que lleguen a la placa en mayor cantidad, lo que significa que aumentará la corriente de placa.

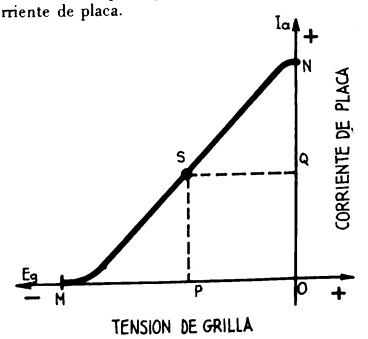


Fig. 24.- Gráfico que muestra la característica corriente de placa-tensión de grilla de un triodo.

Todo lo que hemos dicho lo podemos representar en un gráfico, a los cuales tendremos que irnos acostumbrando, porque se usan mucho en Electrónica. La figura 24 nos muestra tal gráfico y veamos cómo lo hemos dibujado. Por lo pronto, tomamos dos ejes perpendiculares y marcamos en el eje horizontal las tensiones de grilla que vamos consiguiendo al correr el cursor del potenciómetro. Como esas tensiones son negativas, las tomamos hacia la izquierda del punto central del eje horizontal. Hacia arriba tomamos las corrientes de placa que nos marca el instrumento, las que son positivas. Por ejemplo, para una posición del cursor que nos da una tensión negativa OP, la corriente de placa toma un valor OQ; luego, con líneas punteadas paralelas a los eje encontramos el punto S. Así siguiendo, obtendremos muchos puntos y finalmente trazamos la curva MSN, que en realidad tiene un tramo recto que ocupa casi toda la extensión.

La curva obtenida es muy importante; forma parte de un grupo de curvas que se dan para cada válvula y que se llaman *curvas características*. La que tenemos es la llamada característica de *tensión grilla-corriente de placa*. Obsérvese que esta curva tiene dos puntos muy singulares, que son los M y N, que pueden considerarse sus extremos. ¿Qué significan esos dos puntos? Veamos eso bien detalladamente.

El punto M se produce para una tensión negativa OM tan grande que la corriente de placa tiene valor cero. Esto quiere decir que la acción de frenado de la grilla es total y rechaza todos los electrones, impidiendo que alguno llegue a la placa; esto se consiguió corriendo el cursor de la figura 23 hasta el extremo superior B. En tal situación no hay corriente de placa, y la válvula deja de funcionar en apariencia, porque precisamente se está comportando como una válvula cerrada. Ese estado se llama *corte* y se dice que la válvula está al corte de la corriente de placa o simplemente al corte.

El otro punto importante es el N. Corriendo el cursor de la figura 23 hacia abajo, se llega al punto inferior A y en el mismo no hay tensión negativa en grilla, no hay frenado de electrones y todos los que forman el flujo emitido llegan a la placa. La corriente de placa adquiere su valor máximo ON en la figura 24. Ese estado se llama de *saturación*, aunque debe aclararse que en algunas válvulas el punto N no coincide con el estado de saturación, pero este tema será tratado más adelante.

En resumen, si en un triodo aumentamos la tensión negativa de grilla, se reduce la corriente de placa; el límite de esa reducción es el corte de la corriente de placa, y la tensión de grilla que produce ese estado se llama *tensión de corte*. Si disminuimos la tensión negativa de grilla, aumen-

ta la corriente de placa y eso ocurre hasta un límite cuando la tensión de grilla es cero y la corriente de placa es máxima; es el estado de saturación, con la salvedad antes enunciada.

Curvas características

La curva obtenida en la figura 24 es una de las llamadas características de la válvula y en este

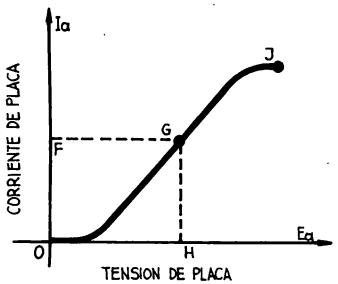


Fig. 25.- Gráfico que muestra la característica corriente de placa-tensión de placa de un triodo.

caso, característica tensión grilla-corriente placa del triodo. Pero se puede hacer otras curvas, por ejemplo la característica tensión placa-corriente placa, como la que vemos en la figura 25. Para obtenerla, tenemos que dejar fija la tensión negativa de grilla y poder variar la tensión de placa; la figura 26 nos da el circuito necesario para lograr lo dicho. Damos a la grilla una tensión fija Eg y la batería de placa la derivamos sobre un potenciómetro, de modo que deslizando el cursor vamos obteniendo distintos valores de la tensión positiva de placa Ea. El instrumento mA conectado en serie con la placa nos indica el valor de la corriente de placa para cada posición del cursor, o sea para cada valor de la tensión de placa.

Volviendo a la figura 25, supongamos un valor OH para la tensión de placa, dado por una posición intermedia del cursor; en ese momento la corriente de placa tiene el valor OF y es fácil trazar las rectas punteadas paralelas a los ejes y obtener el punto G. Los ejes nos dan valores positivos, o sea hacia la derecha en el horizontal y hacia arriba en el vertical. El punto G es uno de los de la curva, y corriendo el cursor hacia arriba y hacia abajo vamos teniendo otros puntos hasta trazarla toda.

Esta curva, característica *tensión placa-corriente placa* tiene dos puntos notables que son el O y el J. El primero es el punto en que, al no haber tensión de placa, tampoco hay corriente, y eso es lógico, puesto que al no atraer la placa a los electrones, ellos no llegan a la misma. El segundo es el J, que es el de saturación. Se llega a un valor de la tensión positiva de placa que por más que lo aumentemos no se consigue que la corriente de placa sea mayor; ello es debido a que la emisión del cátodo da una cantidad de electrones y cuando todos ellos van a la placa no hay más electrones para atraer, y por eso la corriente de placa no aumenta; para lograr tal cosa, habría que aumentar la emisión, incrementando la temperatura del cátodo, pero eso tiene limitaciones prácticas que impone la fábrica.

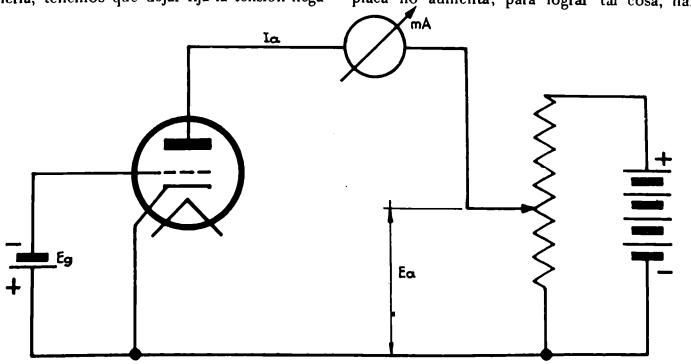


Fig. 26.- Circuito que permite obtener la característica de la figura 25.

La curva que obtuvimos en la figura 25 es una de las posibles, ya que dijimos que teníamos fija la tensión negativa de grilla. Si cambiamos el valor de

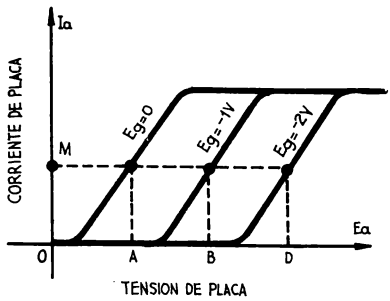


Fig. 27.- Familia de características de placa de una válvula triodo.

esa tensión obtendremos otra curva de tensión placa-corriente de placa, y con otro valor en grilla, otra curva y así siguiendo. La figura 27 nos muestra algunas curvas obtenidas con tres distintos valores de la tensión de grilla. Una de esas curvas, la primera de la izquierda, se tomó para tensión cero en grilla, que es como decir que la grilla no existe; luego, la válvula no es un triodo sino un diodo, por lo menos en lo que respecta a su estado de funcionamiento. Entonces, el triodo con tensión nula en grilla se convierte en un diodo. Las otras curvas son para tensiones negativas de grilla crecientes a medida que nos corremos hacia la derecha en el gráfico. Obsérvese que a medida que aumentamos la tensión negativa de grilla se necesita más tensión en placa para tener el mismo valor de corriente de placa. Esto es muy lógico, ya que si frenamos los electrones, necesitamos darles una aceleración o atracción mayor para que lleguen a destino; pero con ayuda del gráfico de la figura 27 expliquemos esto con más detenimiento.

Supongamos que queremos tener una corriente de placa de valor OM. Si la tensión de grilla es cero, para tener el valor OM de la basta una tensión de placa OA, ya que trabajamos sobre la primer curva de la izquierda. Si la tensión negativa de grilla es de −1V, necesitamos una tensión de placa OB mayor que la anterior, pues trabajamos sobre la curva central. Y si la tensión negativa de grilla es −2V, para alcanzar el valor OM con la curva de la derecha, necesitamos una tensión de placa OD, mayor que las anteriores.

Las curvas de grilla también pueden tenerse en familias o conjuntos, tal como lo muestra la figura 28. Se trata de usar el circuito de la figura 23, pero colocando en el circuito de placa el potenciómetro de la figura 26, para poder sacar una curva de grilla para cada valor que demos a la tensión de placa. La figura 28 muestra tres curvas, obtenidas para tensiones de placa de 100, 150 y 200 volt. Obsérvese que, a medida que se toman tensiones mayores para la placa, las curvas se desplazan hacia la izquierda.

Un detalle muy importante que revelan las curvas de la figura 28, es el siguiente: los puntos de corte, o sea de anulación de la corriente de placa, están más a la izquierda cuando las tensiones de placa son mayores. Esto es lógico, porque si con una tensión de placa de 100 volt, basta una tensión negativa de grilla igual a OA para cortar totalmente el flujo de electrones, si la tensión de placa es mayor esos electrones están más acelerados; si tenemos 150 volt en placa, segunda curva, para llevar la válvula al corte necesitamos una tensión de grilla igual a OB, mayor que la anterior. Y si la tensión de placa es mayor aún, 200 Volt, el corte se produce para una tensión de grilla OD mayor que las anteriores.

También podemos acotar que la saturación de corriente de placa, o sea su valor máximo para una dada tensión negativa de grilla depende del valor de la tensión de placa. Por ejemplo, para 100 volt en placa, la corriente de saturación está dada por el valor OF, pero ese valor aumenta a OG para 150 volt en placa y a OH para 200 volt, siempre con tensión cero en grilla. Recordemos que el estado

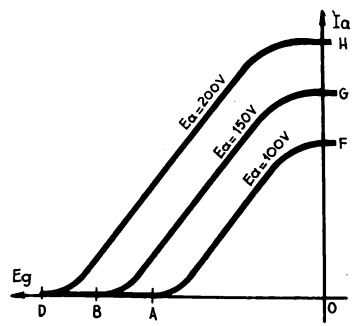


Fig. 28.- Familia de características de grilla de una válvula triodo.

de saturación se produce para tensión nula en grilla, lo que corresponde al caso de la válvula triodo trabajando como diodo.

Las curvas características de las válvulas se encuentran en los manuales técnicos que preparan las fábricas de válvulas y sirven para estudiar su comportamiento y diseñar circuitos. Por el momento las hemos descripto simplemente como una ayuda para comprender mejor el funcionamiento del triodo.

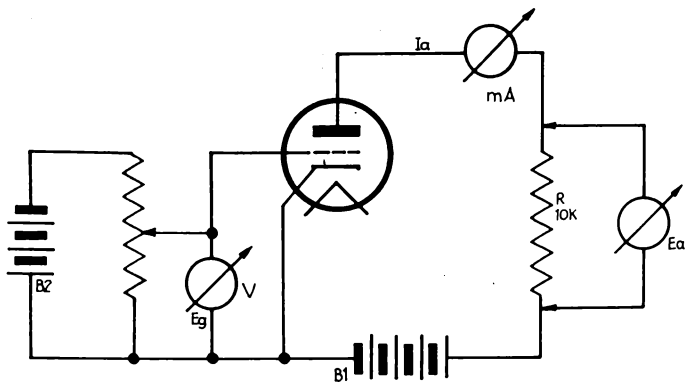


Fig. 29.- Esquema que permite comprobar el efecto de amplificación de un triodo.

Efecto de amplificación del triodo

Vamos a explicar ahora la más importante propiedad del triodo y de la cual derivan otras funciones que estudiaremos posteriormente. Se trata de la amplificación o sea de la propiedad de obtener grandes variaciones de tensión a la salida aplicando a la entrada variaciones más pequeñas. Tomemos para ello un circuito conocido pero con algunas modificaciones; es el que mostramos en la figura 29 y que nos muestra un triodo, en cuyo circuito de grilla ponemos los mismos elementos de la figura 23, pero agregando un voltímetro para leer el valor de la tensión negativa de grilla Eg. En el circuito de placa colocamos un resistor R que se llama *carga* y que tiene derivado un voltímetro para medir la tensión entre sus extremos; también están presentes la batería de placa y el miliamperímetro mA que marca el valor de la corriente de placa Ia. Supongamos que se trata de una válvula triodo cuya característica de grilla es la curva dada en la figura 30 con los valores marcados en los ejes.

Cerramos el cursor de grilla hasta que el voltímetro de grilla nos marque una tensión negativa de 5 volt; para ese estado de la válvula la corriente de placa será de 2 mA (2 miliamper) ¿Qué tensión nos marcará el voltímetro derivado sobre la carga R? Pues multiplicando la corriente que recorre ese resistor por el valor de resistencia resulta, teniendo en cuenta que R tiene 10K (10.000 Ohm):

$$2\ mA = 0{,}002\ A$$
$$0{,}002 \times 10.000 = 20\ V$$

ya que para obtener volt debemos tomar amper y ohm. Ahora cerramos el cursor de grilla hasta que la tensión Eg sea de 1 volt. La corriente de placa aumentará hasta 10 mA y ahora la tensión presente en la resistencia de carga será de:

$$0{,}010 \times 10\,000 = 100\ V$$

O sea que pasando de una tensión de grilla de 5 volt a una de 1 volt, es decir, que con 4 volt de variación de tensión en grilla hemos obtenido que la tensión de placa pasara de 20 volt a 100 volt, esto es una variación de 80 volt. Dicho de otra manera, si dividimos 80 por 4, nos da una cifra de 20 y podemos decir que con cada volt de variación en grilla obtenemos una variación de 20 volt en la carga de placa.

Lo que obtuvimos demuestra la propiedad *amplificadora* de la válvula y la cifra resultante, que era de 20, pero que en la práctica depende de factores constructivos, se llama *coeficiente* o *factor de amplificación*.

En la práctica las cosas se modifican un poco para obtener resultados prácticos. La figura 31 nos muestra el estado real de un circuito amplificador

a válvula triodo. La válvula tiene sus baterías para dar los potenciales requeridos a la grilla y a la placa. La de la izquierda es la batería de polariza-

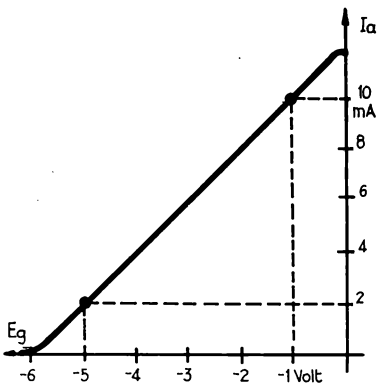


Fig. 30.- Con este gráfico se puede determinar el factor de amplificación del triodo.

ción de grilla y la de la derecha la de polarización de placa. Es común que la tensión negativa que suministra la batería de grilla se llame directamente *polarización de grilla* y que en placa, como hay consumo de corriente, se hable de *alimentación de placa*. Independientemente de las polarizaciones, aparecen dos resistores en el circuito; son Rg, resistor de carga de grilla y Ra, resistor de carga de placa. Al resistor Rg se le aplica una señal o tensión alterna llamada *de entrada* y en el resistor Ra se obtiene una tensión también alterna, llamada *de salida*. Por lo que vimos antes, sabemos que la tensión de salida es mucho mayor que la de entrada debido al factor de amplificación de la válvula y, teóricamente al menos, la tensión de salida es igual al producto de la de entrada por el factor de amplificación.

Factores característicos

Hemos definido en párrafos anteriores el factor de amplificación de la válvula triodo, y ése es uno de los factores o valores que se consideran característicos de cada triodo. Hay otros que definiremos de inmediato, para lo cual volveremos a observar algunas de las figuras recién tratadas.

Por ejemplo, tomemos la figura 30 que nos sirvió precisamente para determinar el factor de amplificación y recordemos una definición que es muy conocida en Electricidad. Se llama resistencia de un conductor o elemento al cociente que resulta de dividir la tensión por la intensidad; tomando las unidades que corresponden, dividiendo volt por amper, se obtiene ohm. De esta definición sale la inversa de la resistencia que es la *conductancia* y que resulta de dividir la corriente por la tensión, o sea dividir amper por volt y nos resultan *mho*, palabra que sale de escribir ohm al revés.

Bien, en la figura 30 tenemos valores de la corriente de placa y de la tensión de grilla, de modo que si relacionamos ambas cosas no estamos operando con un conductor o con un elemento, ya que con la placa y la grilla hay un efecto, pero forman elementos independientes. Bien, al cociente que resulta de dividir la corriente de placa por la tensión de grilla se lo llama *trasconductancia* y es uno de los factores característicos del triodo.

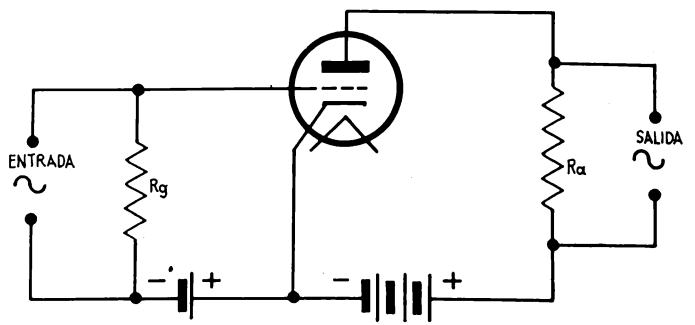


Fig. 31.- Esquema práctico de una amplificador a triodo.

Pero aclaremos que no es cuestión de dividir cualquier valor de la corriente de placa y de la tensión de grilla sino de las variaciones que ocasiona en la corriente de placa una dada variación en la tensión de grilla. Por ejemplo, en la figura 30 tenemos que variando 4 volt la tensión de grilla, que alteramos desde –5V hasta –1V, obtenemos una variación de la corriente de placa que va desde 2 mA hasta 10 mA, o sea 8 mA. Ahora calculemos la trasconductancia, dividiendo la segunda cifra por la primera, pero tomando unidades racionales:

variación corriente 8 mA = 0,008 A
variación tensión = 4 V
dividiendo 0,008 por 4 resulta 0,002 mho = 2000 micromho

O sea que nos ha resultado para la transconductancia un valor de 2.000 micromho. Cada válvula tiene especificada la trasconductancia en el manual de fábrica.

El otro factor característico es la resistencia interna; veamos cuál es su concepto. En las figuras 4, 7 y 21 vimos que se formaba un circuito cerrado entre el cátodo, la placa y, por afuera, la batería de placa y volvemos al cátodo. El espacio entre el cátodo y la placa es recorrido por un haz de electrones; luego, puede considerarse como conductor cuando la válvula funciona. Todo pasa como si entre el cátodo y la placa hubiera un cuerpo sólido que permite la circulación de una corriente eléctrica; ese cuerpo presenta al paso de la corriente una resistencia, que se llama, precisamente *resistencia interna o resistencia de placa*. Ya tenemos el tercer factor característico del triodo el cual se da también en los manuales de fábrica.

Ecuación de Barkhausen

Los tres factores característicos del triodo que son: factor de amplificación, trasconductancia y resistencia interna están ligados entre sí por una fórmula o ecuación que lleva el nombre del título. Esa ecuación dice que multiplicando la trasconductancia por la resistencia interna se obtiene el factor de amplificación. En los manuales técnicos y en los de fábrica se acostumbre a asignarle a esos tres factores las letras μ para el factor de amplificación, G para la trasconductancia y Ri para la resistencia interna. Luego, la ecuación de Barkhausen se escribiría así:

$$\mu = G\ Ri$$

Y de esta fórmula deducimos que cuando conocemos dos cantidades podemos calcular la tercera que fuera desconocida. Por ejemplo, en el gráfico de la figura 30 habíamos obtenido para el factor de amplificación un valor de 20; luego del mismo gráfico obtuvimos la trasconductancia, que era de 0,002 mho. Entonces, podemos calcular la resistencia de placa de ese triodo, ya que dividiendo el factor de amplificación 20 por la trasconductancia 0,002 sale:

20 dividido 0,002 = 10.000 ohm

Y si en otro caso desconocemos la trasconductancia la calcularíamos dividiendo el factor de amplificación por la resistencia de placa. Para estas operaciones hay que tomar siempre las unidades ohm y mho, y si tenemos otras como kilohm, megohm y micromho, hay que convertirlas previamente antes de hacer los cálculos.

Todas las consideraciones precedentes acerca de los factores característicos de las válvulas electrónicas parecen alterar el nivel en que estábamos desarrollando el tema, pero los lectores que no desean profundizar en los conceptos de índole técnica pueden omitirlos, ya que para conocer el funcionamiento de las válvulas, interpretar los circuitos y armar los equipos no es indispensable manejar símbolos o fórmulas. Hemos querido dejar sentados esos conceptos técnicos para que quienes, en cambio, prefieran profundizar el tema, puedan comprender mejor los libros que existen, desarrollados en un nivel más avanzado.

Día 4

Nuestra válvula va tomando cuerpo y podríamos estudiar ya todo lo que puede hacerse con ella, pero debemos confesar que es muy imperfecta, que tiene algunos defectos y que puede ser perfeccionada. Entonces es preferible que veamos antes cómo hacemos para mejorarla, para darle mayores posibilidades y después trataremos todas sus aplicaciones. El agregado de otras piezas en el interior de la ampolla produce lógicamente efectos importantes, que son los que estudiaremos en esta jornada. El tema a tratar se refiere a los tetrodos y pentodos, es decir a las válvulas con cuatro o cinco electrodos. Pero recordemos una afirmación hecha al comenzar el capítulo anterior: el triodo es la válvula fundamental y los perfeccionamientos que se le introduzcan no alteran sus principios básicos. Por esa razón cada vez que expliquemos una función de la válvula lo haremos partiendo de que en esa función puede haber un triodo; si es posible quedará el triodo y si el circuito lo exige, incorporaremos una válvula más compleja. Pasemos entonces a ocuparnos del tema del día, que es sumamente interesante.

TETRODOS Y PENTODOS

Ya conocemos el funcionamiento de los diodos y los triodos que integran la familia de las válvulas electrónicas; los diodos servían para rectificar la corriente alternada y los triodos tienen la propiedad de amplificar tensiones o, como se las llama usualmente, señales. Pero las válvulas experimentaron numerosos progresos, salieron nuevos tipos, se cambiaron su construcción, su aspecto, su tamaño, etcétera. Para seguir ordenadamente el desarrollo de este libro trataremos ahora los agregados que se le hicieron al triodo.

Carga espacial. La pantalla

Sabemos que el cátodo es un tubito hecho con materiales ricos en electrones y que cuando lo calentamos suficientemente mediante el filamento incandescente emite electrones en gran cantidad. Estos electrones son cargas eléctricas negativas y son atraídos por la placa cuando ésta tiene una fuerte carga eléctrica positiva; hasta aquí el diodo. Luego agregamos un electrodo en el espacio comprendido entre el cátodo y la placa, que tiene la forma de una espiral cilíndrica llamada grilla; dando a esa grilla un potencial o polarización negativa se controla la densidad del flujo electrónico y por ende la corriente de placa.

Hasta aquí las cosas ya nos son conocidas. Pero ocurre que muchos electrones que fueron emitidos por el cátodo quedan en su entorno, tal como lo muestra la figura 32, un poco porque la placa positiva está algo lejos y otro poco por la acción repulsora de la grilla. Se forma una nube de electrones en torno al cátodo, que se denomina *carga de espacio* o *carga espacial* y cuyo conjunto se resta del flujo electrónico que va hacia la placa. Esto no tendría importancia si no fuera por el

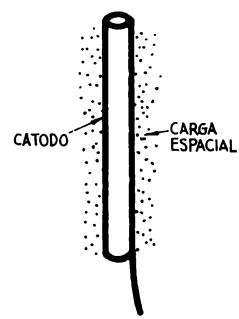


Fig. 32.- En torno al cátodo se forma una nube de electrones que se denomina carga espacial.

hecho de que siempre se trató de mejorar el rendimiento de las válvulas. Si aumentamos la densidad del flujo de electrones se tendrán mayores variaciones de la corriente de placa con las mismas variaciones que se produzcan en la tensión de grilla, o sea que se aumentará el factor de amplificación de la válvula.

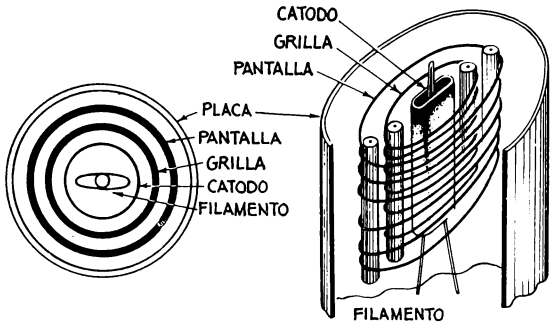


Fig. 33.- Disposición constructiva esquemática de la válvula tetrodo.

Por esta razón es que se ideó la colocación de un electrodo auxiliar entre la grilla y la placa, tal como lo vemos en la figura 33, al cual se le dió el nombre de *grilla pantalla* o simplemente *pantalla*. La pantalla es otra espiral cilíndrica de alambre, parecida a la grilla. En la misma figura podemos apreciar la ubicación de todos los electrodos partiendo desde el centro hacia afuera si observamos el corte transversal a la izquierda: tenemos el filamento calefactor en el centro, luego el cátodo, después la grilla, la pantalla y finalmente la placa.

Tipos de tetrodos

No habrá escapado al lector el hecho de que al agregar un electrodo dentro de la válvula ya hemos convertido al triodo en un *tetrodo*, pues sabemos que el filamento no se cuenta pues no interviene en el circuito de funcionamiento de la válvula sino que solo tiene la misión de calentar al cátodo. El tetrodo que acabamos de describir se llama *bigrilla* porque, tal como lo vemos en la figura 33, hay dos grillas similares colocadas una dentro de la otra.

En algunos tetrodos la pantalla se construye de tal modo que forma dos cilindros, uno colocado entre la grilla y la placa y el otro queda fuera de la placa; ambos cilindros son de malla y constituyen un verdadero blindaje para la placa, detalle que da a estas válvulas el nombre de tetrodos de *placa blindada*. La razón de proceder de esa manera es que además de querer acelerar los electrones de la carga espacial, tal como se hacía en los otros tetrodos, se quiere eliminar el campo electrostático que se forma entre la grilla y la placa, reduciendo la capacidad entre esos electrodos. Es mejor que aclaremos este punto.

Cuando las válvulas trabajan con señales de frecuencias muy altas, cualquier capacitor derivado ocasiona una fuerte absorción de señal, ya que la impedancia del capacitor disminuye con el aumento de la frecuencia. Como la grilla tiene carga eléctrica negativa y la placa la tiene positiva, tenemos allí un capacitor que vemos en la figura 34 donde se ha hecho un corte longitudinal a la válvula que muestra las espiras cortadas de la grilla y la chapa

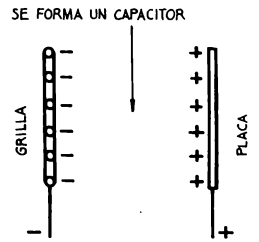


Fig. 34.- Los cilindros paralelos que constituyen la grilla y la placa forman un capacitor.

de la placa. Si envolvemos la placa con un blindaje eliminamos ese enfrentamiento de cargas eléctricas de signo contrario y ese capacitor deja de

funcionar como tal; en la práctica no se elimina totalmente la capacidad grilla-placa en los tetrodos pero se la reduce bastante. Los tetrodos de placa

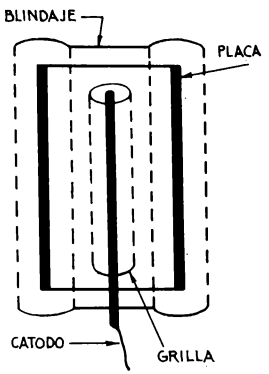


Fig. 35.- Disposición constructiva de un tetrodo de placa blindada.

blindada tienen entonces sus electrodos en las posiciones que hace ver la figura 35.

Para conectar un tetrodo, no importa que sea de uno u otro tipo –ya que tienen los mismos electrodos, aunque difiera la forma de la pantalla en los dos modelos– tenemos que pensar en dar a la pantalla un potencial positivo. El circuito necesario lo

dos rayas de trazos, las que representan a la grilla y a la pantalla.

Tenemos ahora la batería de placa B1 conectada en serie con la carga R; la grilla lleva su polarización mediante la batería B2, ya conocida. Pero ahora tenemos una tercer batería, la B3, que entrega una tensión menor que la de placa y cuyo polo positivo va unido a la pantalla, tal como se dijo. Más adelante veremos que en los circuitos prácticos no se emplean tantas baterías, inclusive no se emplea ninguna en la mayoría de los casos, porque los equipos se alimentan y polarizan con fuentes eléctricas; por ahora realizamos esas polarizaciones mediante baterías para que el lector retenga bien en su mente, los signos, las polaridades y las magnitudes.

Emisión secundaria

La válvula electrónica se nos va complicando a medida que avanzamos en su estudio, pero no podemos evitar la mención de todos sus problemas. Se colocó la pantalla para aumentar la densidad del flujo de electrones recuperando los que se quedaban en las inmediaciones del cátodo; además, la pantalla les imprime una aceleración por tener potencial positivo actuando sobre cargas eléctricas negativas. Así las cosas, los electrones acelerados llegan a la placa para continuar su circulación por el circuito cerrado externo. Pero al chocar contra la placa algunos electrones rebotan, como lo muestra la figura 37, o , si se quiere explicar de otra manera, al chocar contra la placa pro-

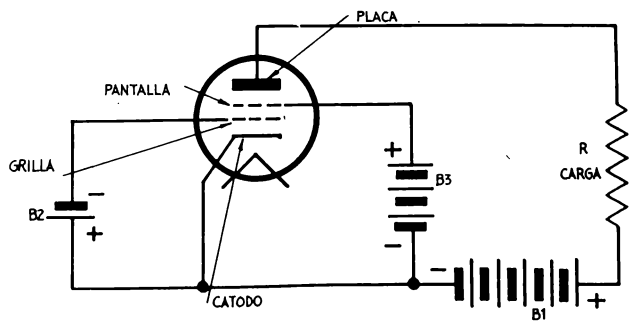


Fig. 36.- Esquema de conexiones de una válvula tetrodo.

vemos en la figura 36 donde aparece por primera vez el símbolo del tetrodo como una válvula que tiene entre el símbolo del cátodo y el de la placa

vocan la salida de electrones de ella. Estos electrones desprendidos de la placa entorpecen la llegada del flujo electrónico y su efecto se traduce

en una disminución de la corriente de placa. Quiere decir que nuestro tetrodo no es una solución tan ideal como parecía y por esta razón

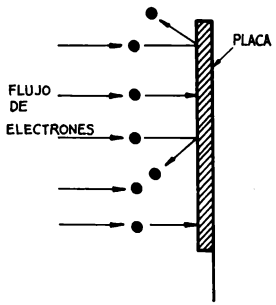


Fig. 37.- Forma en que se produce la emisión secundaria en la placa.

pronto fue suplantado por otra válvula en la cual se corrigió el defecto que acabamos de mencionar; y la solución fue ¡cuándo no! agregarle otro electrodo o sea una tercer grilla.

La supresora. El pentodo

Los electrones desprendidos de la placa o devueltos por ésta hacia atrás, como quiera que se vea el problema, constituye lo que se llama *emisión secundaria*; para eliminarla tengamos en cuenta que esos electrones son cargas eléctricas negativas y por lo tanto hay que rechazarlos con un campo eléctrico negativo. Si colocamos entre la pantalla y la placa, cerca de esta última, una tercer grilla en forma de espiral cilíndrica y la conectamos a un punto del circuito donde haya potencial negativo, habremos eliminado la emisión secundaria.

La figura 38 nos muestra la ubicación de los cinco electrodos que ahora tenemos y que forman la nueva válvula: *el pentodo*. La grilla agregada se denomina *supresora* por su acción de suprimir la emisión secundaria. Luego, tenemos que buscar en el circuito un punto donde haya potencial negativo y si observamos la figura 39 que da las conexiones del pentodo, comprobaremos que lo más simple es conectar la supresora al cátodo donde se unen los polos negativos de las baterías de placa y de pantalla; no debe preocuparnos que la batería de grilla tiene el polo positivo unido al cátodo, ya que ella no interviene en el circuito de placa que es el que estábamos considerando, por la simple razón de que la emisión secundaria afectaba a la corriente de placa.

Hay válvulas pentodo que traen hecha la conexión entre la supresora y el cátodo dentro de la ampolla, como muestra la figura 40; en este caso lógicamente, esa conexión no debe hacerse en el circuito exterior puesto que la fábrica nos la entrega ya hecha. En todos los demás detalles la figura 40 no se diferencia de la 39.

Resulta interesante observar las curvas características de placa de un pentodo para compararlas con las del triodo. No referimos a las curvas que dan los valores de la corriente de placa ante distintos valores de la tensión de placa; cada curva, como lo vemos en la figura 41, se ha tomado para un valor dado de la tensión negativa de grilla. Si comparamos esta familia de curvas con las de la figura 27, que corresponden a un triodo, notamos que en virtud de la acción aceleradora de la pantalla se alcanza más pronto la saturación o sea el máximo de la corriente de placa. Todas las curvas tienen un tramo horizontal superior mas prolongado, al cual se llega con menores tensiones de placa que en el triodo. También se observa en el gráfico que cuando la grilla se hace más negativa para iguales tensiones de placa las corrientes de placa son menores. En efecto, si tomamos una tensión de grilla nula, o sea que no hay tensión negativa de grilla, tenemos la curva superior y en ese caso, para una tensión de placa dada por el valor OM la corriente de placa tiene el valor MN; si damos una polarización de grilla de −1volt, para la misma tensión de placa OM, tenemos una corriente de placa MP, menor que la anterior. Y así siguiendo, si aumentamos la polarización de grilla a −2 volt, para la tensión OM, la corriente de placa baja al valor MQ, etcétera.

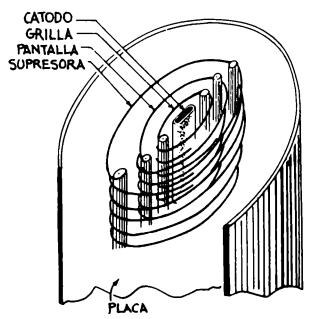


Fig. 38.- Disposición constructiva de una válvula pentodo.

Los pentodos tienen un factor de amplificación mayor que los triodos por el efecto acelerador de los electrones que produce la pantalla y no tienen simplemente el comportamiento de las válvulas y justificando los elementos que las mismas tienen en su interior.

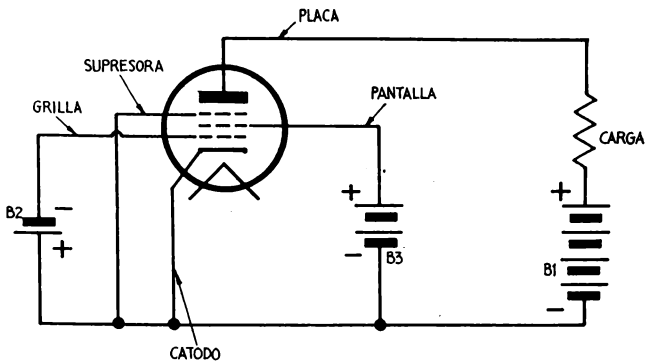


Fig. 39.- Esquema de conexiones de una válvula pentodo.

el inconveniente de los tetrodos que producían emisión secundaria. En la práctica, se usan pentodos cuando se necesita alta ganancia y se usan triodos cuando esa ganancia no debe ser muy grande y cuando se necesita que la relación entre variaciones de tensión de grilla y corriente de placa mantenga proporcionalidad, como la que teníamos en la figura 30; en los pentodos esa proporcionalidad no es tan buena. En el análisis de circuitos que encararemos oportunamente se verá en cada caso qué

Pentodos de haz concentrado

La inclusión de la supresora en los pentodos aparece como una solución definitiva al problema de la emisión secundaria que tenían los tetrodos, pero hay casos en que esa inclusión presente problemas. Se trata de las válvulas que manejan flujos electrónicos de gran densidad, que corresponden a los casos de corrientes de placa de alto valor; esto es típico en las válvulas amplificadoras de potencia

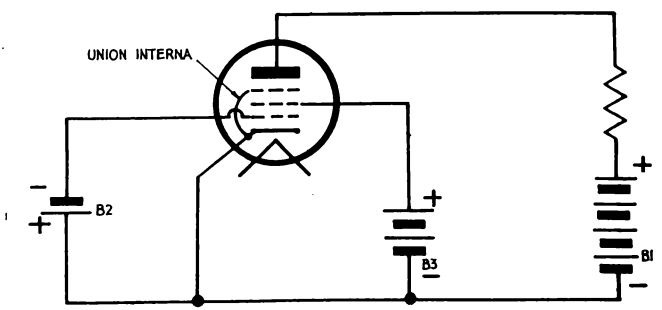


Fig. 40.- En algunos pentodos la grilla supresora está conectada al cátodo dentro de la ampolla.

tipo de válvula conviene de acuerdo con las necesidades del circuito y las exigencias técnicas que el mismo imponga. Por ahora estamos estudiando que se usan en las etapas finales de receptores, amplificadores y transmisores. El flujo de electrones muy denso, acelerado por la pantalla, encuen-

tra en su camino a la grilla supresora que está hecha de alambre y que por lo tanto representa un obstáculo físico para el paso de los electrones.

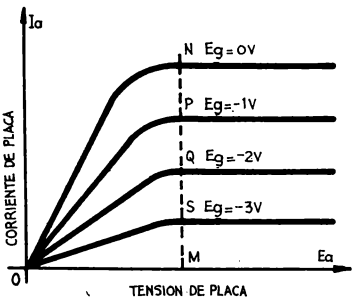


Fig. 41.- Familia de características de placa de una válvula pentodo.

que tienen polaridad eléctrica negativa, lo que se consigue conectándolas al cátodo, conexión que no se ve en la figura. Entre la placa principal y las

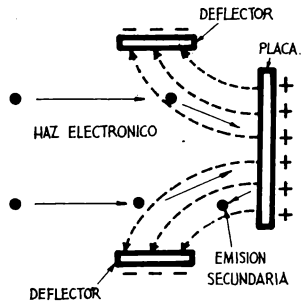


Fig. 42.- Principio constructivo de la válvula de haces electrónicos concentrados.

Veamos cómo se soluciona el problema al mismo tiempo que se consigue concentrar el haz electrónico que proviene del cátodo y que fue acelerado por la pantalla. Para ello observemos la figura 42 que nos muestra un corte de la placa de una válvula vista desde arriba; hemos supuesto que la placa es plana cuando en realidad es cilíndrica, pero eso no molestará a nuestra explicación. A los costados de la placa principal hemos puesto dos placas más pequeñas, que llamamos deflectoras, y placas deflectoras se forma un campo eléctrico, cuyas líneas hemos dibujado punteadas, yendo desde el positivo hacia el negativo.

Veamos qué les pasa a los electrones del haz que viene del cátodo. Se han dibujado dos solos en su trayectoria; al entrar en el campo eléctrico los electrones adoptan trayectorias que siguen por entre las líneas de fuerza del campo eléctrico o sea que sus trayectorias se desvían produciéndose una concentración del haz que llega a la placa. Además, los

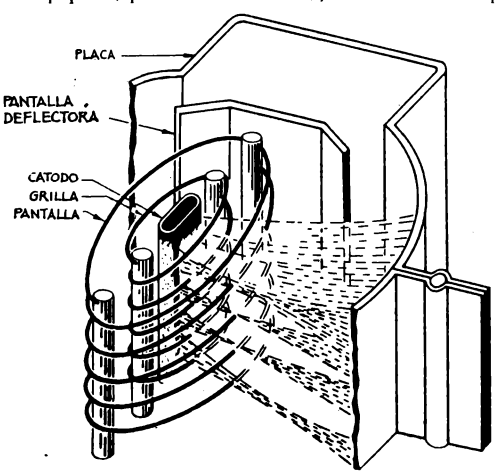


Fig. 43.- Disposición constructiva de la válvula de haces electrónicos concentrados.

electrones desprendidos de la placa sufren la acción del campo eléctrico que los impulsa nuevamente hacia la placa.

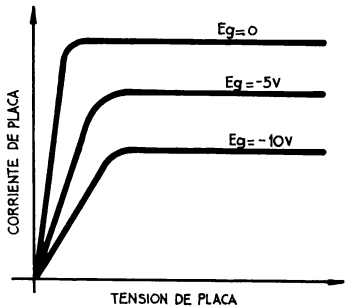


Fig. 44.- Familia de características de placa de la válvula de la figura 43.

En resumen, no existe una supresora física cerca de la placa pero el campo eléctrico que se forma actúa como una supresora virtual y al mismo tiempo produce una concentración del haz electrónico. Constructivamente esta válvula toma el aspecto que se muestra en la figura 43, donde vemos una sola de las placas o pantallas deflectoras, que aparece al costado del bloque de grillas. Esta válvulas son denominadas por las fábricas como tetrodos de haz electrónico concentrado, aunque en realidad son verdaderos pentodos, ya que el juego de placas deflectoras cumple la función de la supresora de los pentodos comunes, además de su acción concentradora del haz.

son más empinadas que las de los pentodos comunes, y ello se debe a que la concentración del haz de electrones produce mayores corrientes de placa para menores tensiones aplicadas a ese electrodo. Lógicamente, la saturación se alcanza con tensiones de placa de menor valor que en los otros pentodos. Las placas deflectoras están sólidamente unidas al cátodo dentro de la ampolla por lo que este pentodo, en los circuitos, no requiere conexión externa de supresora, tal como lo muestra la figura 45, que a la vez nos muestra el símbolo característico de este tipo de válvulas. En los demás detalles, este circuito no se diferencia del correspondiente al pentodo del tipo común.

Pentodos de supercontrol

Si recordamos la figura 30, que nos sirvió para definir al factor de amplificación del triodo, cosa que se puede hacer extensiva a los otros tipos de válvulas, observaremos que la característica tensión grilla-corriente placa de la válvula presenta un tramo recto muy largo, que marca precisamente la zona de trabajo. Ya hemos dicho que el ser recta esa característica implica que hay proporcionalidad entre las variaciones de la corriente de placa y la tensión de grilla; dicho de otra manera, el factor de amplificación de la válvula es constante o sea que dando a la grilla distintas polarizaciones negativas, siempre se tiene el mismo coeficiente de amplificación. Este comportamiento de las válvulas les ha dado el nombre de *pentodos de μ constante* a los que se construyen cumpliendo esa condición; y nos referimos a los pentodos porque son las válvulas que se usa típicamente como amplificadoras en los equipos que trabajan con señales de frecuencias altas que son los que nos presentan el proble-

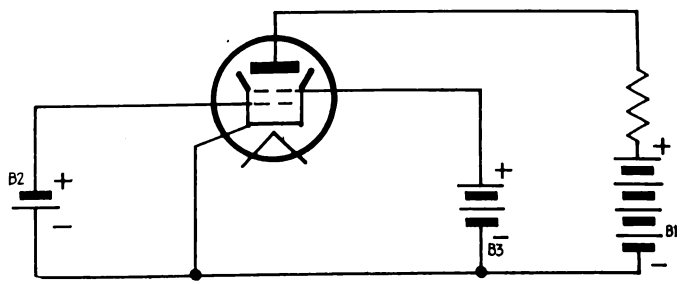


Fig. 45.- Esquema de conexiones de la válvula de haces electrónicos concentrados.

Si observamos las curvas características de placa de los pentodos de haz electrónico concentrado, que aparecen en la figura 44, comprobaremos que

ma que vamos a explicar. Recordemos de paso que μ es el nombre simbólico del coeficiente de amplificación.

Las etapas amplificadoras de alta frecuencia requieren, muchas veces, la posibilidad de variar el grado de amplificación, lo que equivale a decir que

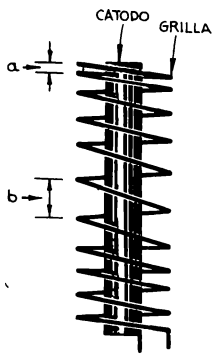


Fig. 46.- Disposición constructiva de la grilla de un pentodo de amplificación variable.

se necesita una válvula cuyo factor de amplificación sea variable. Así surgieron los *pentodos de μ variable*, o de *supercontrol*, en los cuales, además de que la grilla permite variar la corriente de placa, existe la posibilidad de variar el grado de amplificación alterando el potencial básico de la grilla.

Veamos cómo son estas válvulas y cómo funcionan. La figura 46 nos muestra que la grilla se hace con espaciado irregular entre las espiras, pues en los extremos, el espaciado *a* es menor que el que hay en el centro y que indicamos con la letra *b* en la figura. No se han dibujado las otras grillas y la placa porque no presentan diferencias con los pentodos comunes, salvo que hay que recordar que como se trata de válvulas que manejan alta frecuencia la pantalla se hace con el tipo que calificó a los tetrodos de placa blindada; tenemos entonces que había pentodos de placa blindada de dos tipos: los de μ fijo y los de μ variable.

El efecto de esa configuración de la grilla sobre las características de la válvula se ve en la figura 47 donde aparecen dos curvas: la (1) corresponde a un pentodo del tipo común y la (2) a uno de supercontrol. Como la inclinación de la curva influye sobre el valor del factor de amplificación, cosa que se deduce de los cálculos que hicimos para la figura 30, y la inclinación de la curva (2) es diferente en los puntos A, B y C, el factor de amplificación de la válvula será diferente si hacemos trabajar a la válvula en esos puntos. Es decir que si damos a la válvula una polarización negativa básica de grilla dada por el segmento OD el punto de trabajo será el A y la inclinación de la curva es mayor que en el punto B y más aún que en el C, cuyas polarizaciones son OF y OG respectivamente, lo que se traduce en que el factor de amplificación se va reduciendo si aumentamos la polarización negativa de grilla. Esto se aplica en los receptores de radio para regular automáticamente la ganancia del receptor ante las diferentes intensidades de las señales captadas por la antena.

Como las curvas (1) y (2) representan en cierto modo a los pentodos de factor de amplificación fijo y variable respectivamente, esos dos tipos de válvulas se llaman también de *corte neto* y de *corte alejado*, cosa que se ve en la figura 47 si observamos que la curva (1) corta al eje horizontal cerca

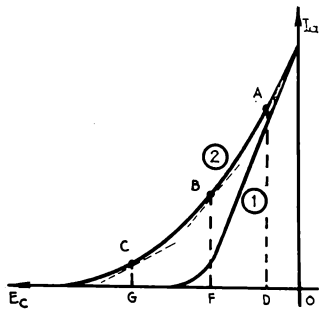


Fig. 47.- En las características de grilla de los pentodos de corte neto y de corte alejado pueden compararse sus propiedades.

del centro O y la curva (2) lo corta en una zona alejada. Aclaramos esto para facilitar al lector el conocimiento y uso de los manuales de válvulas.

Día 5

A medida que la industria electrónica iba produciendo válvulas más modernas y mejores, surgían nuevas necesidades de los aparatos que las usaban y los laboratorios realizaban investigaciones para suplirlas. Así fueron apareciendo nuevas válvulas, algunas de las cuales eran muy similares a sus antecesoras, pero corrigiendo deficiencias; otras, en cambio, eran válvulas diferentes, nuevas, incorporando principios que no eran los básicos que hemos estudiado en las páginas precedentes. Debemos ocuparnos entonces de todas esas válvulas especiales y de las combinaciones que se hacen con dos o más válvulas colocadas dentro de una ampolla única, para economizar espacio.

Por ahora haremos la descripción de los tipos que se apartan de los modelos clásicos explicados anteriormente y cuando hablemos de las aplicaciones de las válvulas en general tendremos oportunidad de justificar la aparición de los mismos. Y más adelante todavía hablaremos del manual de válvulas, en el cual el lector encontrará muchos tipos de válvulas, pero para ese entonces ya le resultarán conocidas.

VALVULAS MULTIPLES Y ESPECIALES

Después de haber estudiado el funcionamiento de las válvulas de dos, tres, cuatro y cinco electrodos, las que se denominan respectivamente diodos, triodos, tetrodos y pentodos, recién hemos cumplido la primera etapa dentro del gran campo de las válvulas electrónicas. Las necesidades de los equipos, la investigación tecnológica y otros factores han hecho aparecer constantemente nuevos tipos; algunos no son más que combinaciones de las ya conocidas pero otros son totalmente nuevos. En este capítulo nos ocuparemos brevemente de las más usadas entre las válvulas múltiples y especiales.

Las válvulas dobles

Si recordamos la figura 20 convengamos en que ya hemos visto una válvula doble y también sabemos el motivo de que exista. Cuando se necesita con frecuencia una solución técnica o económica en materia de válvulas, las fábricas la incluyen en su línea de producción.

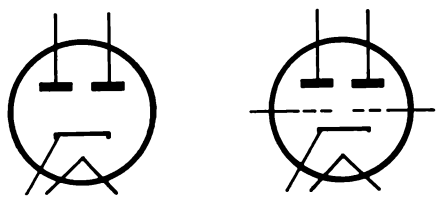


Fig. 48.- Símbolos de doble diodo y doble triodo con cátodo común.

La figura 48 nos muestra dos tipos de válvulas dobles. La de la izquierda es el doble diodo que se emplea siempre en los circuitos rectificadores de onda completa para no usar dos diodos simples, lo que sería antieconómico. La de la derecha es un doble triodo, que contiene dos triodos iguales dentro de la misma ampolla.

Obsérvese que en las válvulas dobles hay un solo filamento, el cual se construye largo, como para que abarque a las dos placas, ilustración A de la figura 49, o se hacen dos tramos conectados en serie, uno para cada placa, según la ilustración B de la misma figura. Otro detalle importante es que como la tendencia moderna es alimentar los filamentos de las válvulas con corriente alternada,

encontramos que la mayoría de ellas tiene cátodo. Los dos modelos de la figura 48 tienen un cátodo común a ambas secciones. El doble diodo de la

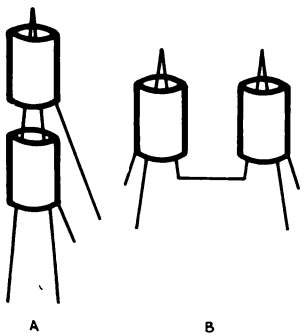


Fig. 49.- Disposiciones constructivas adoptadas para las válvulas dobles.

figura 20 no tiene cátodo porque no lo necesita, aunque existen rectificadoras dobles con cátodo.

La figura 50 muestra otro grupo de válvulas dobles, que se diferencia del anterior en que en éstas cada sección tiene su cátodo. Ya el lector habrá advertido que para este grupo de válvulas se adopta la disposición constructiva del tipo B de la figura 49. La primera de las tres válvulas es un doble diodo, la central es un doble triodo y la tercera es un doble pentodo que tiene sus dos supresoras unidas a los cátodos respectivos.

Hay un detalle muy importante a contemplar y es que a medida que combinamos secciones de válvulas dentro de una única ampolla, aumenta el número de patas para la conexión de los electrodos al circuito exterior. Por ejemplo, el doble diodo requiere 6 patas, cosa perfectamente normal cuando el máximo de patas en las válvulas era 8; el doble triodo requiere 8 patas, y también estamos dentro del máximo; pero el doble pentodo de la figura 50 requiere 10 patas y si las supresoras las queremos con conexión exterior necesitamos 12 patas. Esto nos explica la aparición de válvulas de 9 patas y en los últimos tiempos, las de 12 patas. Todos estos detalles nos ocuparán más adelante en este mismo libro, pues debido a que las válvulas son fabricadas en varios países, hubo distintas soluciones para acoplar las válvulas a los circuitos, es decir que hay diferentes tipos de zócalos; a ello se agrega el avance tecnológico que va introduciendo innovaciones, de modo que el problema merece un estudio aparte.

Válvulas combinadas

Para hacer una válvula múltiple no es necesario que se combinen dos secciones iguales sino que pueden colocarse dentro de una ampolla secciones diferentes. Cada sección puede tener su cátodo independiente o, cuando el destino de esa válvula lo permite, disponer un solo cátodo para las dos o tres secciones. La razón de poner dentro de una ampolla más de una sección de válvula es siempre la economía de espacio, salvo en los casos en que convenga interconectar esas secciones entre sí, como veremos. Pasemos revista a las combinaciones más comunes en válvulas múltiples.

La figura 51 nos muestra los tres tipos más conocidos de válvulas combinadas que excluyen a las dobles que consideramos antes. Son el doble diodo-triodo, el doble diodo-pentodo y el triodo-pentodo. El doble diodo-triodo y el doble diodo-pentodo tienen a veces un solo diodo en lugar de dos, pero ese detalle no afecta a sus posibilidades comunes, ya que se emplean casi siempre en combinación detectora y preamplificadora; por ahora no

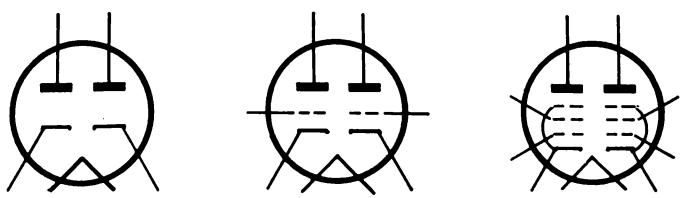


Fig. 50.- Símbolos de válvulas dobles con cátodos independientes.

debemos preocuparnos al mencionar funciones que muchos lectores desconocen, ya que ello será tema para más adelante. Lo que podemos decir de esas

dos primeras válvulas de la figura 51 es que el diodo o los dos diodos funcionan tomando la sección que comprende las plaquitas que aparecen en

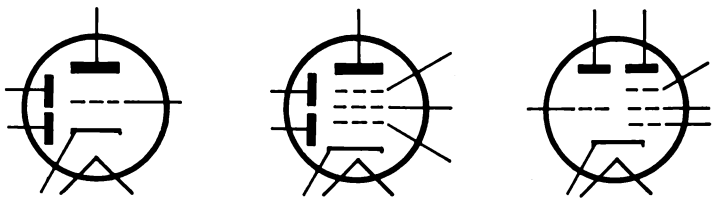


Fig. 51.- Símbolo de algunas combinaciones de válvulas diferentes dentro de una misma ampolla.

posición vertical, a la izquierda dentro del círculo, y el cátodo; el triodo o el pentodo forman su sección usando el mismo cátodo y los demás electrodos que aparecen a la derecha dentro de cada círculo. La supresora, en el caso del pentodo, puede tener o no conexión interna al cátodo.

El triodo pentodo tiene un cátodo común para la ilustración de la figura 51, pero hay ya muchas válvulas de este tipo que tiene dos cátodos, uno para el triodo y otro para el pentodo, a efectos de aumentar sus posibilidades de utilización. En estos casos, según la tendencia actual de hacer válvulas de 9 patas, la supresora del pentodo se une al cátodo de su sección dentro de la ampolla, porque en caso contrario necesitaríamos 10 patas. Claro que esta afirmación no debe tomarse como excluyente, ya que se fabrican actualmente válvulas de hasta 12 patas. Inclusive se utiliza una denominación especial para las válvulas combinadas de cierto diseño que ha logrado dimensiones reducidas: *compactrones*; son válvulas, pero pese a tener dos o mas secciones dentro de la ampolla su tamaño no es mayor que el de las válvulas simples.

múltiples no tenían interconexión entre si fuera de la que puede representar un cátodo único o común; es decir que puede hacerse funcionar en forma independiente cada sección de la válvula múltiple y en el caso de tener un solo cátodo y desear esa independencia, basta conectar el cátodo a masa y tendremos lo que deseamos. Pero hay casos en que las dos secciones deben trabajar en combinación, es decir que debe haber interdependencia entre las dos secciones de la válvula combinada; para los lectores que ya conocen radio, por ejemplo, citaremos el caso más típico que es el de la conversora en los receptores superheterodinos.

Si explicamos algunos casos que comprendan a ese tipo de válvulas nos ubicaremos en la realidad. La figura 52 nos muestra dos soluciones para un mismo caso: se trata de que electrodos de una sección formen parte o estén interconectados con electrodos de la otra sección. Por ejemplo, la válvula de la izquierda es una combinación de triodo y pentodo, pero la grilla del triodo tiene una prolongación que forma una grilla adicional en el pentodo; claro que con ello el pentodo pasó a ser un hexodo por tener 6 electrodos y aun, en la práctica, este tipo de válvula tiene otra grilla adicional en la sección de la izquierda y entonces es

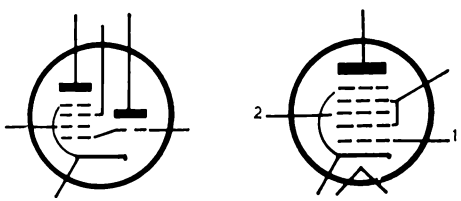


Fig. 52.- Símbolos de algunas válvulas múltiples de tipo especial.

Pasemos ahora a otro tipo de válvulas combinadas que difiere de las vistas hasta aquí. Observemos que las distintas secciones de las válvulas una combinación triodo-heptodo. Pero el caso es que se busca que los fenómenos eléctricos del circuito del triodo formen parte o interaccionen con

los del circuito del pentodo. La ilustración de la derecha de la figura 52 tiene la misma finalidad: se trata de un heptodo con 5 grillas o *pentagrilla*; dos de ellas reciben señal, las marcadas 1 y 2 y como están controlando ambas el flujo de electrones que emerge del cátodo, se produce la interacción de que hablábamos. La grilla 2 tiene una pantalla aceleradora del tipo envolvente, pues se hallan unidas entre sí las dos grillas que tiene más próximas, una más adentro y otra más afuera. La última grilla cerca de la placa es la supresora, la cual puede tener o no conexión interna con el cátodo.

Hemos hablado de válvulas múltiples, entre las que mencionamos las dobles, en las cuales las dos secciones eran iguales, y las combinadas, que tenían secciones distintas. Pero las menciones hechas no terminan con el tema, ya que hay muchos otros casos y todavía siguen apareciendo válvulas combinadas para diversas aplicaciones. La explicación correspondiente a ellas se hará cuando describamos circuitos de aplicación.

Indicador visual

Hay un tipo de válvula especial que merece que nos ocupemos de ella en detalle porque incorpora un dispositivo que hasta aquí no había sido mencionado; se trata de la válvula con indicación visual o indicador de rayos catódicos. Es el primer caso que tratamos en el cual el haz de electrones emitidos por el cátodo tiene otra misión además de hacer llegar los electrones a la placa. En los capítulos 13 al 15 veremos este tema mucho mas detalladamente.

La figura 53 nos muestra el aspecto constructivo y el diagrama de conexiones de esta válvula. Tiene un cátodo, una grilla y una placa, o sea que hasta aquí es un triodo; pero en el extremo superior hay una pantalla de forma cónica recubierta en su parte superior por una sustancia fluorescente que aparece luminosa cuando chocan contra ella los electrones del haz emitido por el cátodo. En la parte central superior del cono hay una tapa cilíndrica que no deja ver a los electrodos del triodo y que permite ver, en cambio, la pantalla cónica como si fuera un anillo luminoso. Pero la placa tiene adosada una tarjeta metálica en posición vertical que actúa como electrodo de control, ya que tiene la misma polarización que la placa pero está interpuesta en el camino de los electrones que van del cátodo a la pantalla fluorescente.

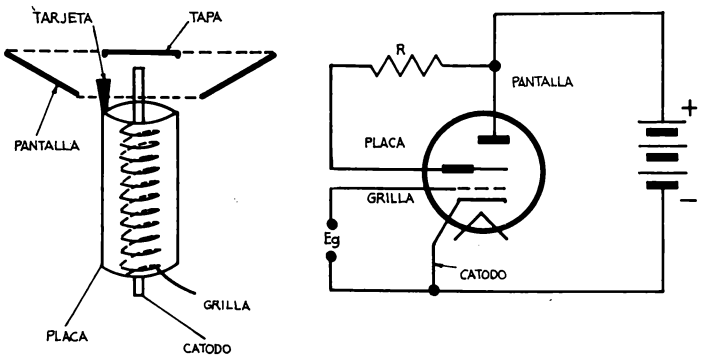


Fig. 53.- Principio constructivo y esquema de operaciones de una válvula indicadora a rayos catódicos.

Para comprender el funcionamiento veamos el esquemita de la derecha. Hay un resistor R que rebaja la tensión de placa con respecto a la pantalla cuando circula corriente de placa; cuando la tensión negativa de grilla se hace mayor y llega al punto de corte (figura 24), cesa la corriente de placa y no hay caída de tensión en R, con lo que la tensión en la placa es igual a la de la pantalla. En este caso, los electrones que van del cátodo a la pantalla no son rechazados por la tarjeta y el anillo luminoso es completo; pero cuando disminuye la tensión de grilla y comienza a circular corriente de placa, se produce caída de tensión en R, disminuye la tensión en la placa y, por consiguiente, en la tarjeta, por lo que ésta rechaza algunos electrones que son preferentemente atraídos por la pantalla.

Ello produce en el anillo luminoso un ángulo de sombra que es tanto más abierto cuanto más se haya reducido la tensión en la tarjeta, o sea cuanto más se haya reducido la tensión en la grilla. La abertura del ángulo de sombra, que marcamos con la letra *a* en la figura 54, es una medida de la tensión de grilla. En esta figura observamos tres dibujos; aclaremos esto.

El primer dibujo de la izquierda corresponde al indicador visual que estábamos describiendo. Tiene un anillo fluorescente que está cortado en la parte inferior por la acción de la tarjeta o electrodo de control y que es el que forma el ángulo de sombra cuya abertura depende de la tensión de grilla. La segunda ilustración corresponde a la pantalla de los indicadores visuales dobles, que tienen dos tarjetas de control y que por lo tanto presentan dos ángulos de sombra; las aberturas de los mismos pueden ser iguales o diferentes, dependiendo ello aproximadamente. Si a partir de ese valor de tensión de grilla la seguimos aumentando, la válvula sigue al corte y el ángulo de sombra no aumentará más.

Ya podemos entonces dar dos tipos importantes de aplicaciones; una es para saber cuándo una tensión que se va reduciendo llega a ser mínima: es cuando la sombra adquiere su ancho mínimo. La otra es para saber cuando una tensión que va aumentando llega a su valor máximo; es cuando el ángulo de sombra alcanza su abertura máxima. La primera aplicación es típica como indicador de cero en aparatos de medida o como indicador de sintonía en receptores, aunque en este caso se hace una combinación en el circuito para que la sombra cierre cuando la tensión aumenta. La segunda aplicación es típica para realizar ajustes en los que se busca el valor de pico de una magnitud por variación de algo. La forma de aprovechar estas aplica-

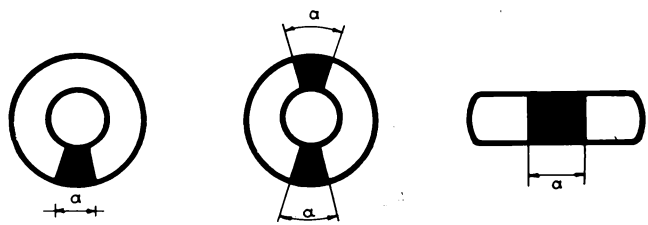


Fig. 54.- Aspectos de la sombra en la pantalla de diferentes válvulas indicadoras construídas con el principio de la figura 53.

de aspectos constructivos. El tercer dibujo muestra un indicador en el cual el cono fluorescente se ha reemplazado por una pieza rectangular luminosa, en cuya parte central está la tarjeta de control; en este modelo vemos una barra luminosa en lugar de un aro y el ángulo de sombra se transforma en una zona vertical dentro de la banda luminosa. El ancho de la zona de sombra depende de la tensión de grilla.

Es fácil imaginar aplicaciones para el indicador visual, ya que hemos visto que hay una abertura que guarda relación con el valor de la tensión de grilla; luego, la abertura de la sombra nos dice cuando esa tensión es mayor o menor. Claro que tenemos límites para la indicación y ellos son: el límite inferior es cuando la tensión de grilla vale cero, en cuyo caso el ancho de sombra es nulo y el aro luminoso es completo; el límite superior es cuando la tensión de grilla lleva la válvula al corte y el ángulo de sombra es de unos 100 grados

ciones y otras que posee este tipo de válvula corresponde a los libros que tratan circuitos de disposiciones electrónicas en las cuales se requiera su uso.

Diodos gaseosos

En la ampolla de las válvulas electrónicas se hace el vacío, según hemos explicado, para evitar que los electrones desprendidos del cátodo choquen con los átomos del aire; además, el vacío significa falta de oxígeno y así evitamos que el filamento incandescente sufra la combustión que provoca ese gas y se funda. Pero la investigación tecnológica encontró una manera de evitar esos fenómenos, o mejor aún, servirse de ellos. Surgieron así las válvulas gaseosas que toman ese nombre por contener gas en el interior de la ampolla; primero nos ocuparemos del diodo gaseoso.

Supongamos que dentro de la ampolla de una válvula colocamos un cátodo y una placa, pero no

ponemos filamento. Como no habrá emisión del cátodo, pues el mismo permanecerá frío, no necesitamos hacerlo con materiales especiales de alta

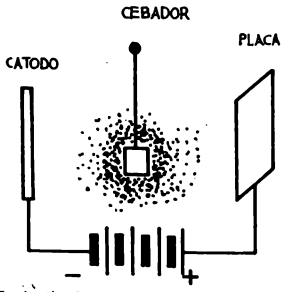


Fig. 55.- Acción del electrodo de cebado en el ambiente gaseoso.

emisión; se trata simplemente de un tubo o una barra metálica que oficiará de electrodo negativo. La placa es un cilindro que envuelve al cátodo y que oficia de electrodo positivo. Dentro de la ampolla introducimos un gas como neón, argón, helio o aún el mismo vapor de mercurio, todos los cuales presentan la propiedad de admitir que sus átomos sean electrizados fácilmente, o sea *ionizados*, ya que los átomos con carga eléctrica definida se llaman *iones*. Veamos ahora en la figura 55 lo que ocurre.

El espacio comprendido entre el cátodo y la placa está lleno de gas y en ese espacio se encuentra un electrodo auxiliar que se llama *cebador* y que permite aplicar en el espacio mencionado un campo eléctrico que producirá el proceso de ionización del gas. En otras palabras, mientras el electrodo auxiliar de cebado está inactivo, el espacio cátodo-placa tiene simplemente gas, y no hay circulación de corriente por el diodo debido a que no hay emisión electrónica del cátodo. Pero cuando se aplica tensión al electrodo de cebado, se produce la ionización del gas, los átomos quedan cargados de electricidad y entonces obedecen a las fuerzas del campo eléctrico entre la placa y el cátodo, formándose el haz que va del negativo al positivo, o sea del cátodo a la placa. Así se produce conducción de corriente a través del diodo pese a que no teníamos emisión catódica convencional. El circuito, con su símbolo correcto, se ve en la figura 56.

Un problema que presentan los diodos gaseosos de cátodo frío es la extinción de la corriente una vez que la válvula se ha cebado por acción del electrodo de control. En efecto, si queremos interrumpir la conducción de corriente no basta quitar la tensión del electrodo de cebado, pues la ionización del gas es persistente. Hay que rebajar la tensión entre placa y cátodo, lo que puede hacerse por desconexión de la fuente externa, por aplicación de un potencial positivo al cátodo, o por otros medios. Otro problema de estos diodos es que la ionización del gas no es instantánea, sino que tarda un cierto tiempo, digamos unos cuantos milisegundos, cosa que depende del tipo de gas empleado y de los detalles constructivos de la válvula. Y hay todavía un tercer asunto, y es el tiempo de normalización de la válvula. Cuando se produce la ionización la válvula conduce hasta que provocamos la extinción; a partir de ese momento hay que esperar un cierto tiempo para que el gas se deionice totalmente y pueda volver a comenzar el proceso, o sea que adquiera la habilidad para admitir el disparo o cebado y comenzar la conducción en el momento necesario.

Lo que hemos dicho nos pinta a los diodos gaseosos de cátodo frío como válvulas complicadas y llenas de defectos. En realidad, han sido mencionadas para demostrar que se puede tener conducción a través de un diodo que no tenga emisión catódica por vía térmica, pero en la práctica de la Radio, la Televisión, etcétera, materias que nos interesan, no encontraremos muchas aplicaciones para este tipo de válvulas.

El triodo gaseoso thyratrón

Basado en principios similares a los del diodo gaseoso, pero aprovechando las cualidades de las válvulas con cátodo caliente, se construyen triodos con gas en la ampolla que se llaman thyratrón. En lo que respecta al dibujo constructivo y al

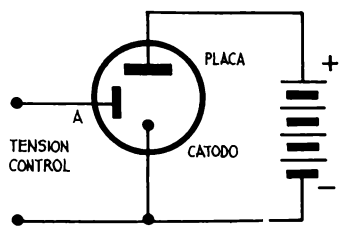


Fig. 56.- Esquema de conexiones de un diodo gaseoso con electrodo de cebado.

símbolo en los circuitos, podemos referirnos a cualquier triodo de los comunes que hemos tratado anteriormente. La diferencia está en la presen-

cia de un gas ionizable dentro de la ampolla. Para estudiar el comportamiento de esta válvula acudimos al gráfico de la figura 57.

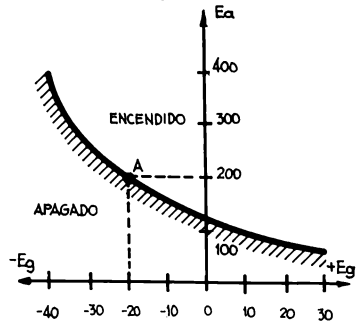


Fig. 57.- Gráfico de funcionamiento del triodo gaseoso Thyratrón.

Vemos en este gráfico que tomamos en el eje horizontal las tensiones de grilla, positivas hacia la derecha y negativas hacia la izquierda. En el eje vertical tomamos las tensiones de placa. También vemos una curva que separa al gráfico en dos zonas que marcan las situaciones de apagado y encendido, lo que nos dice que los puntos que están sobre la curva corresponden a la posición de arranque o cebado, que nos recuerda al diodo gaseoso.

La grilla actúa como electrodo de cebado, y cuando se produce la acción ionizadora sobre el gas, ya la conducción no se interrumpe aunque alteremos la tensión de grilla. Por ejemplo, si damos a la grilla una tensión negativa de –20 volt respecto al cátodo y regulamos la tensión entre placa y cátodo hasta que alcance el valor de 200 volt, esas dos cifras llevadas al gráfico nos dan un punto sobre la curva, o sea que se producirá el cebado o arranque y comenzará la conducción de corriente de placa; el punto mencionado es el A en la figura 57. Desde ese momento la conducción continuará y para interrumpirla no basta con quitar la tensión de grilla; tal como ocurría con el diodo gaseoso, hay que quitar o reducir la tensión de placa para hacer cesar la corriente.

La curva nos muestra también que para producir el cebado se pueden usar tensiones de placa mucho menores si pasamos a la derecha del eje vertical, es decir que aplicamos tensiones positivas en grilla.

La diferencia entre la thyratrón y el diodo gaseoso es que la primera tiene cátodo caliente, con su filamento calefactor, lo que ayuda a la ionización del gas por la emisión electrónica. Esto hace que se requieran tensiones de placa menores que en el diodo gaseoso para conseguir la conducción de corriente. Inclusive hay tetrodos construidos con el principio de la thyratrón, los que acentúan la ventaja señalada por la acción aceleradora de la pantalla.

Las aplicaciones de estas válvulas son las de hacer rectificadores controlados, que solo actúan al recibir un impulso de control, para relays electrónicos, convertidores de continua en alterna, etcétera, todas en el campo de la Electrónica, aunque cabe hacer la observación de que muchas de esas aplicaciones han sido pasadas al campo de los semiconductores que, como ya lo hemos dicho, está invadiendo las áreas antes destinadas únicamente a las válvulas.

Día 6

Hemos llegado a un punto que puede considerarse el fin de la primera etapa de nuestra tarea. Las cinco jornadas han servido para estudiar el funcionamiento de las válvulas electrónicas con todas sus variantes y perfeccionamientos. Pero siempre hemos considerado a cada una como un elemento independiente, aislado, y en la realidad la válvula forma parte de un conjunto que integra un equipo electrónico. Ella debe funcionar, y para lograrlo tenemos que comenzar por alimentarla, darle las polarizaciones requeridas, aplicarle las tensiones especificadas, en una palabra, ponerla en condiciones de cumplir su misión. Lo primero que debemos hacer es, entonces, explicar todas las variantes que se presentan en el uso de las válvulas para cumplir con sus propios requerimientos. Eso es lo que se llama alimentación de válvulas, y lógicamente habrá que explicar detalladamente lo que debe hacerse con cada electrodo de las mismas, según sean las disponibilidades de energía eléctrica, o según sea el carácter del conjunto que ellas integran. Así comenzamos la sexta jornada de nuestra labor.

ALIMENTACION DE VALVULAS

Al estudiar el comportamiento de las válvulas vimos que ellas tienen varios electrodos, cada uno de los cuales requiere la conexión a una fuente eléctrica; en unos casos esa fuente entrega corriente al circuito y en otro casos solo se hace presente para dar al electrodo una polarización definida. La fábrica, mediante el manual de características de válvulas, suministra la información de las tensiones y corrientes correspondientes a cada electrodo, de modo que en los circuitos habrá que prever las fuentes eléctricas que cumplan con tales especificaciones; pero ocurre que según el destino del equipo que utilizará las válvulas, las fuentes disponibles son diversas y por esa razón puede haber varias soluciones para cada caso.

En la práctica todas las alimentaciones o polarizaciones de los electrodos de las válvulas se agrupan en dos fuentes: la de filamentos y la de placas, porque, salvo raras excepciones, de esta última se sacan las soluciones para todas las grillas, ya sean éstas las grillas de control, las pantallas o las supresoras. Sobre esta base haremos el estudio que corresponde y se mencionarán las excepciones a que hemos aludido.

Alimentación de filamentos. Fuente A

El filamento en las válvulas tiene una función auxiliar, la de calentar al cátodo emisor, salvo en el caso de los diodos rectificadores y en las válvulas de gran potencia usadas en transmisores, que no tienen cátodo y el filamento actúa como tal. Pero sea que haya o no un cátodo, el problema es siempre aplicar al filamento la tensión que pide la fábrica para que circule por él la corriente también indicada. Si un equipo tiene varias válvulas es lógico pensar que todas ellas tendrán sus filamentos alimentados por una misma fuente, salvo que por razones especiales alguna requiera un circuito independiente. En resumen, cuando se eligen las válvulas para un equipo se tratará que todas tengan la misma tensión o la misma intensidad de corriente en el filamento, para poderlas conectar a todas en paralelo o en serie respectivamente. Esto no se ha podido cumplir estrictatemente en los equipos modernos por la gran cantidad de válvulas necesarias en cada equipo, por ejemplo los televisores, y hay que hacer muchas veces combinaciones de conexiones en serie y en paralelo. Pero entremos en el tema. Aclaremos que la alimentación de filamentos se llama *fuente A*.

Válvulas para pilas o baterías

Si bien en un tiempo eran muy comunes los equipos portátiles que usaban válvulas, hoy día los transistores han reemplazado casi totalmente a las válvulas en esos casos. Pero el hecho es que existieron y ocurre que muchas veces el armador debe reformar un aparato de esos para ser alimentado de

otra manera, de modo que conviene citar este tipo de alimentación.

El primer caso a considerar es el de las válvulas de 1,5 volt en filamento que no tenían cátodo y

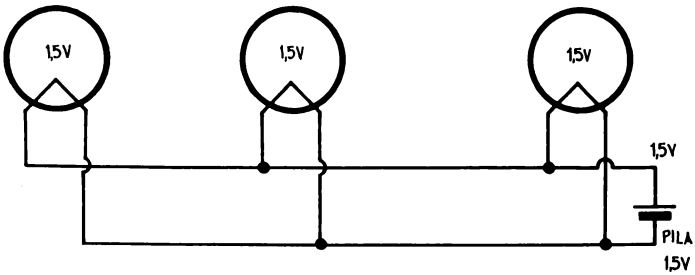


Fig. 58.- Circuito de filamentos de válvulas con igual tensión y alimentación a pila.

que por lo tanto debía usarse corriente continua para el filamento; la existencia de pilas de 1,5 volt solucionó el problema y se conectaban todas las válvulas en paralelo como lo muestra la figura 58; dicho de otro modo se unían todos los extremos de la derecha, por ejemplo, de los filamentos y se llevaban a un polo de la pila y todos los extremos de la izquierda al otro polo.

Otro caso era cuando se usaba una batería o un grupo de pilas y los filamentos se conectaban en serie, como lo muestra la figura 59. Por ejemplo, si las tres válvulas eran de 1,5 volt en filamento, la batería debía ser de 4,5 volt. Pero obsérvese que, mientras las válvulas de la figura 58 podían requerir diferentes corrientes en sus filamentos, las de la figura 59 debían ser todas para idéntica intensidad de corriente. Entonces, ¿para qué nos complicamos el problema conectando los filamentos en serie? Porque precisamente el circuito de la figura 59 se usaba cuando se agrupaban válvulas que no requerían la misma tensión de filamento pero sí la misma corriente. Justamente, en la figura 59 se indica que la tercer válvula es de 3 volt y las otras dos de 1,5 volt, lo que nos da un total de 6 volt, y ésa debe ser la tensión de la batería; la intensidad de corriente del filamento debe ser la misma en todas las válvulas de la serie.

En muchos casos no se cumplían las condiciones ideales, es decir que, o no se tenían válvulas de iguales tensiones en filamento para usar el circuito de la figura 58, o no tenían iguales corrientes en filamento para usar el circuito de la figura 59; o la suma de tensiones de los filamentos no coincidía con la tensión de las baterías disponibles: En esos casos se acudía a compensar las diferencias mediante resistores en serie o en paralelo, o ambas cosas a la vez. La figura 60 nos plantea uno de los numerosos casos.

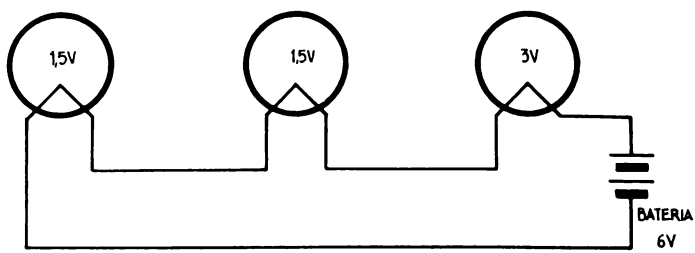


Fig. 59.- Circuito de filamentos de válvulas con tensiones diferentes y alimentación con batería de pilas.

Explicaremos este ejemplo para ilustrar al lector sobre la manera de solucionar los problemas, aunque ya hemos hecho la advertencia de que hoy día no se encuentran frecuentemente válvulas para pilas y baterías. Supongamos que las tres válvulas V1, V2 y V3 sean para un equipo que debe ser alimentado con una batería de 12 volt, y que las dos primeras tengan filamento para 1,5 V 0,1 A y V3 sea para 3 V 0,05 A. Lo primero que vemos es que las tres tensiones no son iguales, de modo que tenemos que conectar los filamentos en serie. Pero una de ellas requiere menos corriente y en consecuencia hay que derivarle un resistor. El resistor R2 debe consumir 0,05 A a una tensión de 3 V; dividiendo obtenemos 60 ohm. Ahora sumamos las tensiones de los tres filamentos y vemos que nos da 6 volt, pero nuestra fuente es una batería de acumuladores de 12 volt; luego, hay que colocar un resistor R1 cuyo valor resulta de dividir la diferencia, 6 V por la intensidad circulante, 0,1 A y nos da 60 ohm, casualmente igual a la otra. De este modo se solucionaban los problemas de alimentación de filamentos con pilas y baterías.

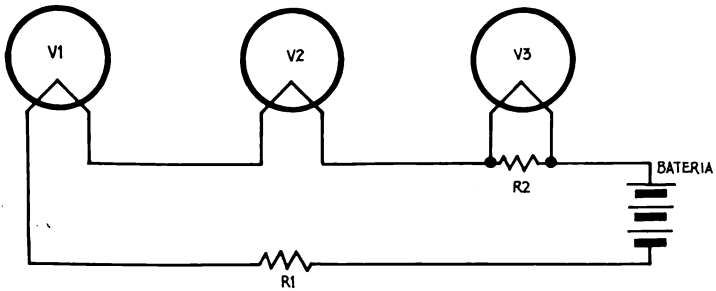


Fig. 60.- Compensación de diferencias en las tensiones o corrientes en el circuito de filamentos.

Válvulas para la red eléctrica

Estas válvulas en general tienen cátodo y entonces su filamento puede ser alimentado con corriente alternada, lo cual no quiere decir que si la corriente de la línea sea continua no la podamos utilizar. Inclusive, en el caso de los diodos rectificadores y en las válvulas para transmisores de gran potencia, no hay cátodo y sin embargo sus filamentos se alimentan con corriente alternada.

Hay dos casos principales en la alimentación de filamentos con corriente alternada: la de filamentos en paralelo y la de filamentos en serie. El primer caso corresponde a los equipos en que se usan válvulas de igual tensión en filamentos y el se-

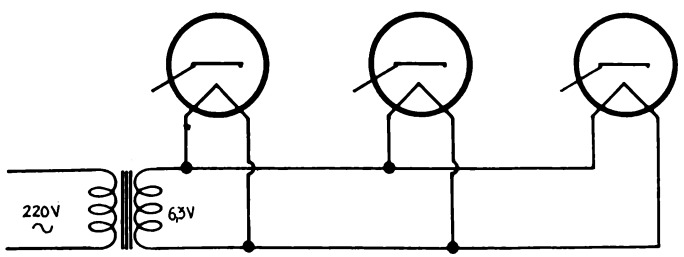


Fig. 61.- Alimentación de filamentos con alterna para válvulas de igual tensión.

gundo al de las de igual corriente en filamento. Pero hay que justificar esa diferencia y además, hay casos mixtos.

La conexión de filamentos en paralelo está ilustrada en la figura 61 y se requiere un transformador reductor, para rebajar la tensión de la red hasta el valor requerido por los filamentos, generalmente 6,3 volt, aunque se usa mucho también la tensión de 12,6 volt. Este esquema se parece al de la figura 58 solo que el transformador reemplaza a la pila. No es indispensable usar dos cables para unir entre si todos los filamentos, ya que en cada válvula se puede enviar a masa uno de los extremos del filamento y hacemos lo mismo con el bobinado secundario del transformador; entonces, solo unimos entre sí los extremos libres de los filamentos con el extremo libre del secundario del transformador, según lo ilustra la figura 62. Los dos esquemas dados indican una tensión de 6,3 volt pero también se usan los mismos para la tensión de 12,6 volt.

Obsérvese que este tipo de alimentación de filamentos plantea la exigencia de que todas las válvulas sean de la misma tensión, pero no interesa la intensidad de corriente en filamento, pues al estar todos esos filamentos en paralelo, cada uno consume del transformador la corriente que necesita. Pero hay casos en los equipos actuales en que se emplean válvulas de dos tensiones diferentes en los filamentos, generalmente 6,3 y 12,6 volt y también se conectan en paralelo. La razón para que esto ocurra es que hay ciertos tipos de válvulas que se fabrican solamente para una de esas dos tensiones y otras que solamente se fabrican para la otra; entonces debemos mezclarlas en los equipos. La solución se muestra en la figura 63, y consiste en usar un transformador que entregue la tensión doble, mediante un bobinado que tenga una derivación en su centro; cada mitad del secundario da la tensión baja, por ejemplo, 6,3 V y el total nos da la tensión mayor, sea 12,6 volt. Las válvulas que tienen filamento para 12,6 V se conectan direc-

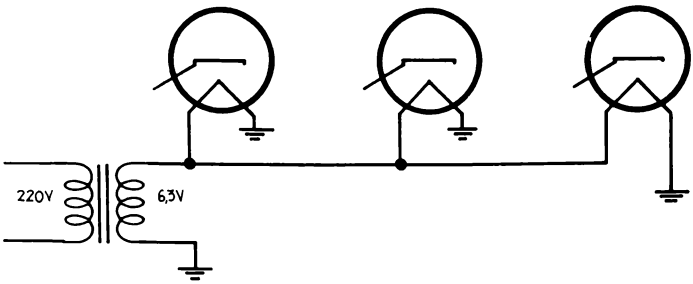


Fig. 62.- El mismo caso de la figura 61, pero usando un solo cable y retorno por masa.

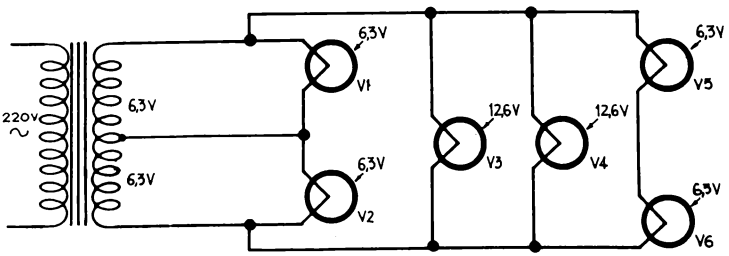


Fig. 63.- En los circuitos de filamentos alimentados con alterna se presentan combinaciones según las tensiones y corrientes de las válvulas.

tamente a los extremos del transformador, no importa cual sea la corriente en sus filamentos; las válvulas que trabajan con 6,3 volt se conectan a una sola rama y, si se agrupan de a pares que tengan igual consumo, no hace falta unir al punto medio del transformador la unión entre los filamentos.

El caso de la figura 63 es un ejemplo completo de lo que hemos dicho V1 y V2 son válvulas que requieren 6,3 V pero tienen diferente intensidad, por lo que debemos unir la conexión que une sus filamentos al punto central del transformador; inclusive si quitamos V2 las conexiones para V1 no se alteran. V3 y V4 son válvulas para 12,6 V y van a los extremos del bobinado. V5 y V6 son válvulas para 6,3 V pero con igual corriente de filamento; luego pueden ir en serie entre si y conectadas ambas como si fueran una válvula de 12,6 V.

Ahora trataremos el caso en que todos los filamentos se conectan en serie, caso que se emplea cuando no se quiere o no se puede usar el transformador reductor que vimos en las figuras anteriores. No se quiere, cuando hay razones de peso o de economía y no se puede cuando la red eléctrica es de corriente continua. Entonces, la solución es la que da la figura 64, donde vemos todos los filamentos en serie y un resistor R en serie con ellos y con la línea eléctrica.

Resulta obvio que todos los filamentos deben ser para la misma intensidad de corriente, pudiendo en cambio ser para diferentes tensiones. Las fábricas han previsto esta situación y se pueden formar grupos de válvulas para cualquier equipo que consuman igual corriente de filamento aunque sus tensiones difieran. Primitivamente esa corriente uniforme era de 300 mA o sea 0,3 A, pero actualmente subsisten dos grupos, el americano de 150 mA y el europeo de 100 mA. En ambos casos el resistor R es el encargado de completar la serie para que la corriente en el circuito no supere esos valores dados, cuando se aplica la tensión de la línea. Veamos cómo se determina el valor necesario para ese resistor; aclaremos que R puede ser un resistor de alambre, colocado dentro del equipo, o puede ser un trozo de cordón de alimentación que tiene como adicional una envoltura de amianto con hilo de resistencia, y que entonces debe cortarse a la medida exacta para que tenga el valor pedido.

La resistencia serie

Si examinamos el circuito de la figura 64 de inmediato nos daremos cuenta de que si todas las válvulas son para la misma corriente en filamento, la suma de las tensiones requeridas por cada filamento nos dará la tensión total que debe aplicarse a la serie; pero esa suma no dará, salvo raras excepciones, la tensión de la línea, sea ella 220 volt, de modo que hay que reducir la tensión disponible hasta la cifra de la suma obtenida. La ley de Ohm

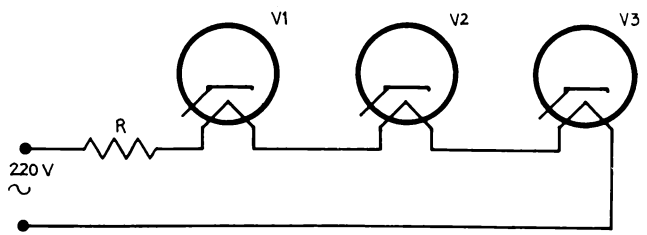


Fig. 64.- Alimentación de filamentos en serie para válvulas de igual corriente.

de uso en Electricidad nos indica la manera de calcular R, y es hallando la diferencia entre la tensión de la línea y la suma de las tensiones de filamentos, y dividiendo esa diferencia por la intensidad de corriente. Si además de válvulas hubiera en la serie un foquito de iluminación, como es común en receptores, sumaremos la tensión del foquito a la de las válvulas.

Para los lectores que no gustan de los cálculos matemáticos, ofrecemos la figura 65 que permite determinar directamente el valor de la resistencia serie con los filamentos para los tres grupos de válvulas que existen actualemente: 100 mA, 150 mA y 300 mA. Para usar estos gráficos, que solo sirven para las líneas de 220 volt, se suman las tensiones de los filamentos y del foquito, si lo hubiera, y esa cifra la tomamos en la parte superior de una de las tres reglas calculadoras, la que corresponde; en la escala inferior de la misma regla obtenemos el valor de la resistencia serie R.

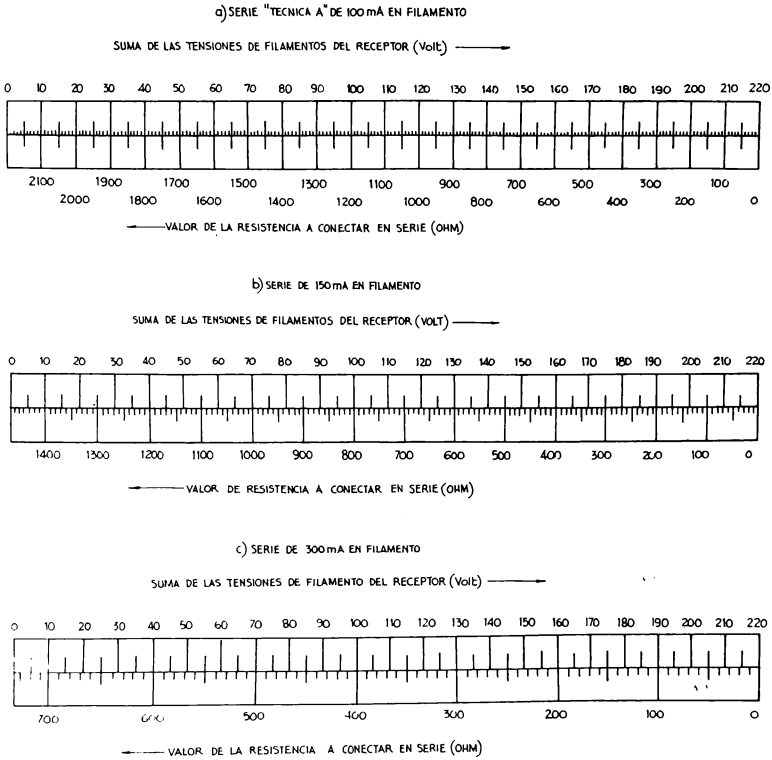


Fig. 65.- Gráfico para calcular la resistencia a conectar en serie con los filamentos.

Como se mencionó la existencia de cordón de alimentación con resistencia incluida, la figura 66 nos aclara el panorama. Este cordón tiene sus dos conductores y además un hilo de resistencia en su entorno. En el extremo de la ficha, el hilo se une a una de las patas de la ficha y en el otro extremo ese hilo va a la serie de filamentos, quedando libre para su conexión al rectificador que llevan los receptores, el conductor del cable que corresponde a la pata superior. El otro conductor del cable va a chasis o a la llave interruptora. También va a chasis el otro extremo de la serie de filamentos, tal como se ve en la figura. Estos cordones con resistencia se fabrican para distintos valores y se piden por la cifra de resistencia por metro, según las necesidades y para que resulte de un largo razonable, ya que es el cable que se usa para conectar el receptor a la línea.

Alimentación de placas. Fuente B

La placa de la válvula necesita una tensión continua de valor alto que se llama *tensión B*, y ella se puede obtener de una batería o de la red eléctrica. Hemos dicho que los equipos que funcionan con pilas y baterías han pasado a ser piezas de museo, pero no debemos olvidar que hay baterías de acumuladores en automotores, embarcaciones, aviones, etcétera. Entonces, hay que estudiar cómo se solucionan los problemas cuando en el lugar de

utilización del equipo a construir no se dispone de red eléctrica.

Tenemos entonces tres casos para la alimentación de placas en los equipos electrónicos: el de las baterías directas, el de las baterías cuya tensión es muy baja para ser usada directamente y el de los casos en que se dispone de la red eléctrica. El primer caso será mencionado a solo título informativo, pues corresponde a los equipos de pilas para filamento y baterías para las placas. El segundo caso corresponde a los equipos para servicio móvil, en el cual los filamentos se conectan directamente a la batería de acumuladores y el tercer caso es el de los equipos que usan fuentes eléctricas de alimentación conectada a la red de canalización. Los estudiaremos separadamente, pues presentan particularidades que los diferencian netamente.

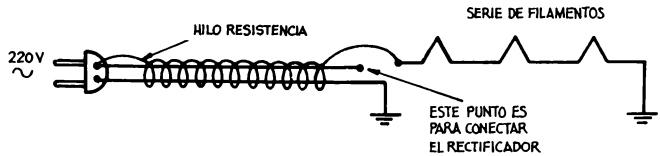


Fig. 66.- Disposición constructiva del cordón con resistencia para el circuito de filamentos.

Fuente B con batería directa

Relacionaremos este caso con el de la figura 58 porque coresponde al mismo tipo de equipos. Además de la pila o batería A para los filamentos necesitamos una batería o fuente B para las placas, y eso es lo que nos muestra a la figura 67. Cada válvula del equipo tiene en su placa el resistor de carga y ellos van a la línea llamada +B de la fuente de placas, la cual es una batería seca que suministra la tensión necesaria. Como puede ocurrir que alguna válvula requiera una tensión menor, se colocará cuando corresponda una resistencia reductora de tensión. Es el caso de la válvula V1 que por requerir en placa una tensión menor que las otras, lleva el resistor R en serie con la alimentación de su placa; no debe confundirse este resistor reductor con los resistores de carga que van en serie con las placas de todas las válvulas, y cuyas misiones serán explicadas cuando nos ocupemos de las funciones de las válvulas.

En el circuito de la figura 67 se ve también la batería A de filamentos que ya nos es conocida, y que puede ser una sola pila, según sabemos. Pero el caso es que hemos dicho que no le daremos importancia en nuestro libro a los equipos para pilas y

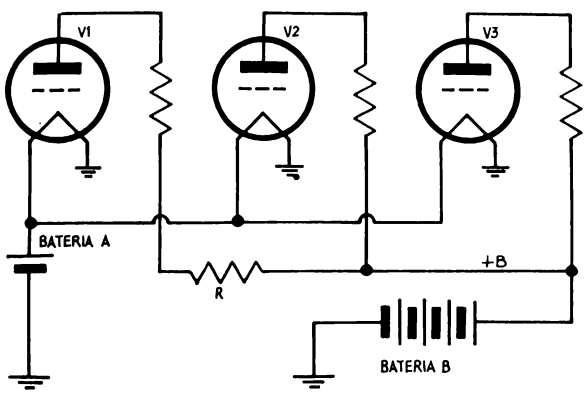


Fig. 67.- Alimentación de placas con una batería de pilas.

baterías, pues pertenecen al pasado, de modo que dejemos este caso con lo dicho.

Fuente B para alterna

Cuando se dispone de corriente alternada en la línea de alimentación se puede recurrir al montaje previsto en la figura 20 para obtener la tensión continua para las placas del equipo, montaje que repetimos en la figura 68 con los agregados que nos convengan. Utilizamos una fuente que nos dará las dos soluciones, es decir la alimentación de los filamentos de las válvulas, que se hace directamente con alterna según lo indicado en la figura 61 y la alimentación de placas mediante la elevación de la tensión de la red y luego la rectificación de la misma. El transformador entonces tiene un bobinado primario para 220 volt de alterna y tres secundarios: el primero es el de alta tensión, que debe dar por rama el valor de la tensión +B requerida por las válvulas en sus placas; el punto medio de ese bobinado va a masa. El segundo bobinado es para alimentar el filamento de la rectificadora V4 y suele ser de 5 volt. El tercer bobinado es para los filamentos de todas las restantes válvulas del equipo. La pregunta lógica es: ¿Por qué no se alimenta el filamento de la rectificadora con el mismo secundario que las otras válvulas? Observemos que eso es imposible, pues el filamento de la rectificadora queda a alta tensión continua contra chasis o masa, y las otras válvulas no soportan en su filamento esa alta tensión continua contra masa por tener sus cátodos muy cerca de los filamentos y estar esos cátodos a potencial de masa o poco diferente. Si se quiere usar el mismo bobinado para el filamento de la rectificadora y las otras válvulas, hay que usar rectificadora con cátodo y aclaremos que existen, pero son de menor rendimiento.

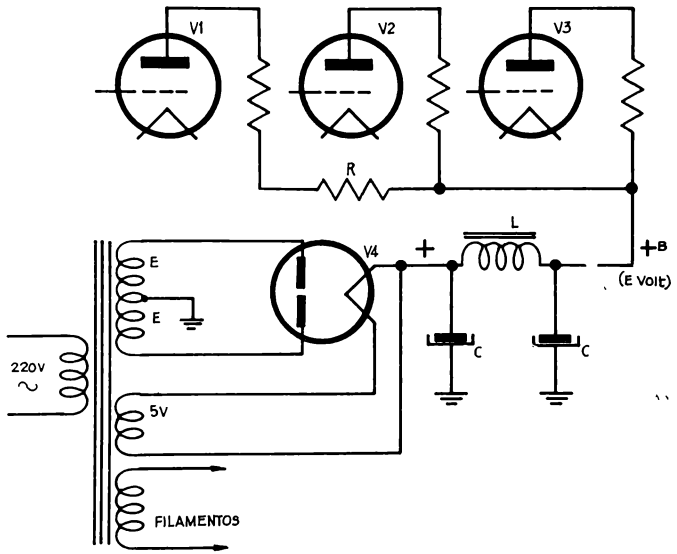


Fig. 68.- Alimentación de placas mediante un circuito rectificador de la tensión alternada.

Volvamos a la figura 68. A la salida de la rectificadora, precisamente en su filamento, obtenemos el polo positivo de la tensión continua +B, pero sabemos que hay que intercalar un filtro enderezador de la tensión rectificada; ese filtro está formado por la inductancia o impedancia L y los capacitores electrolíticos C. Finalmente obtenemos la tensión +B de valor E que es el requerido por las válvulas. La línea del +B va a todas las placas, salvo que alguna requiera una tensión menor, en cuyo caso se intercala el resistor reductor R, cuya misión ya fue explicada para el caso

anterior. También sabemos que la inserción de las resistencias de carga de placa en cada válvula es obligada y que por ahora lo admitimos así.

Fuente B para continua

Las redes de canalización de corriente continua no abundan, pues las existentes van siendo reemplazadas paulatinamente por corriente alternada, pero aún quedan algunas y por lo tanto debemos mencionar el caso de su utilización. La tensión de esas redes suele ser de 220 volt, que es un valor suficiente para alimentar las placas de muchas válvulas, de modo que la solución surge por si sola y la mostramos en la figura 69; se trata de conectar la línea de la tensión +B directamente al polo positivo de la red de continua, y unir al chasis o masa del aparato el polo negativo de esa red. Claro que como los tomacorrientes no tienen indicación de polaridad y para usos de la corriente para lámparas, calentadores, etcétera, no interesa la polaridad, para los equipos electrónicos habrá que marcar la polaridad en el tomacorriente y en la ficha de conexión.

Las válvulas tienen sus placas directamente conectadas a la línea del +B a través de sus respectivas resistencias de carga; en el caso de que alguna válvula requiera una tensión de placa algo menor, se recurre a la consabida resistencia de reducción R.

Si la red de continua tiene tensión baja, como ocurre con ciertos generadores de campaña que suministran tensiones de 12, 24, 32 y hasta 110 volt, el caso corresponde al que trataremos más adelante, de fuentes para equipos móviles.

Fuente B para ambas corrientes

Cuando un equipo debe poder ser conectado tanto a una red de continua como de alterna, o cuando se desea evitar el transformador de la fuente para alterna, recurrimos al tipo de fuente que vemos en la figura 70. Se trata de usar un rectificador directamente desde la red eléctrica y obtener la tensión continua +B a la salida de este rectificador, previa intercalación del filtro enderezador formado por la impedancia L y los capacitores C.

En la figura vemos que se emplea una rectificadora con cátodo y ello tiene una explicación; como no hay transformador en la fuente, los filamentos de todas las válvulas, incluido el de la rectificadora, se conectarán en serie, según lo vimos en la figura 64, y entonces debemos aislar la tensión continua que teníamos en el filamento de la rectificadora de la figura 68 recurriendo a una rectificadora con cátodo. Así comprendemos ahora el punto libre del extremo de uno de los conductores del cordón que teníamos en la figura 66: es para conectar a la placa de la rectificadora. Pero, observemos que aparece un resistor R en serie con esa conexión; se trata de una resistencia de protección contra sobrecargas, y suele tener un valor de 100 ohm, según lo pida la fábrica.

Si a la entrada de esta fuente aplicamos una tensión alterna, no hay problema, pero si aplicamos una continua, hay que cuidar la polaridad de la red, pues su polo positivo debe corresponder a la conexión que va a la placa de la rectificadora y el polo negativo es el que va a masa; este problema ya había sido planteado en el caso de la fuente de la figura 69, pero como la de la figura 70 sirve para

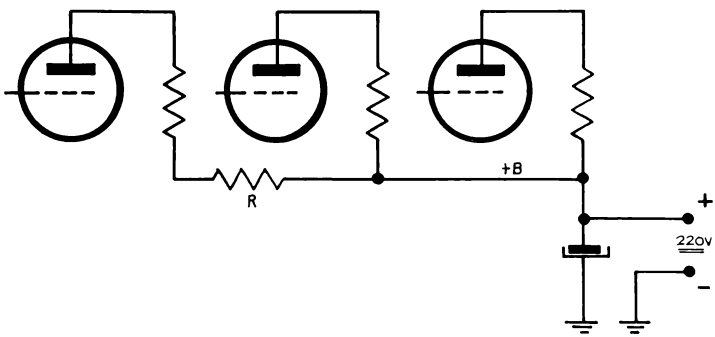


Fig. 69.- Alimentación de placas desde la red de tensión continua.

ambas corrientes, hay que guardar esa precaución solamente cuando se trate de redes de continua.

Fuente B para equipos móviles

Los equipos móviles disponen generalmente de una batería de acumuladores para alimentar sus válvulas, cuya tensión está comprendida entre 6 y 32 volt. Ello no presenta ningún problema para los filamentos, pues se usaría para ellos cualquiera de los circuitos vistos en las figuras 59 o 60 según el caso. Pero el problema se presenta para alimentar las placas de las válvulas porque las tensiones de esas baterías son muy bajas. Entonces hay que elevar esa tensión hasta las cifras requeridas, pero el asunto se complica porque se trata de tensiones continuas y para poder elevarlas hay que convertirlas primero en alterna y luego rectificarlas. La técnica moderna suministra varias maneras de convertir una tensión continua en alterna, pero por no tratar en este libro los semiconductores tenemos que omitir la solución más perfecta. Nos ocuparemos de los convertidores vibrantes o *vibradores*.

En la figura 71 tenemos el circuito de un vibrador que consiste esencialmente en un electroimán con bobina B y dos lengüetas L1 y L2; los contactos de la lengüeta L1 están unidos a los extremos del bobinado del transformador elevador de tensión, cuyo bobinado de la izquierda tendrá entonces más espiras que el de la derecha. La batería se aplica al centro de las lengüetas L1 y L2. Observemos que si no estuviera la L2, la corriente circularía por la mitad superior del bobinado de T y volvería por masa a la batería, pero al pasar corriente por L2, la bobina B se activa, atrae las lengüetas L1 y L2 y al hacerlo provoca que L1 haga pasar corriente por la mitad inferior de T; pero al mismo tiempo L2 corta la corriente en B y las lengüetas vuelven a su posición anterior, vuelve a activarse B y se repite el ciclo, y así siguiendo indefinidamente. Pero observemos que las flechas

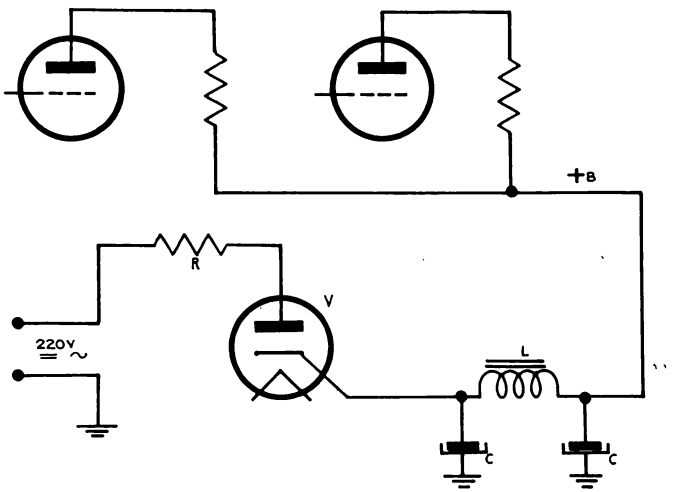


Fig. 70.- Alimentación de placas mediante un circuito apto para ambas clases de corriente.

indican los sentidos de las corrientes en el bobinado de T; cuando L1 está arriba la flecha baja y cuando L1 está abajo la flecha sube, lo que quiere decir que el campo magnético en el núcleo de T será alternado y por lo tanto en el secundario, o sea el bobinado de la izquierda, aparecerá una tensión alternada.

Hemos dicho que este transformador era elevador de tensión, de modo que la tensión obtenida es mayor que la de la batería y además es alternada; luego basta conectar a los extremos de ese secundario las placas de una rectificadora y a masa el punto central, para tener la fuente de placas de la

figura 68. Por tal razón no dibujamos esa parte del circuito a fin de no complicar al lector nuestra figura 71.

Existieron y hoy no están tan generalizados, los vibradores de tres lengüetas, llamados *sincrónicos*, en contraposición con el visto que se llama *asincrónico* o a válvula. En estos vibradores la tercer lengüeta constituía un rectificador mecánico. Para comprender su funcionamiento veamos la figura 72, cuya novedad con respecto a la anterior está en la lengüeta L3, que tiene sus dos contactos unidos a los extremos del secundario del transformador T. Cuando B está activada las tres lengüetas están bajas y cuando B está inactiva, las lengüetas están altas; dejemos el funcionamiento de L1 y L2 por ser ya conocido, pero observemos que cuando trabaja la mitad superior del primario, también lo hará la mitad superior del secundario, y la corriente saldrá hacia el +B; cuando trabaja la mitad inferior del primario lo hará la mitad inferior del secundario, por estar la lengüeta L3 baja y la corriente fluirá también hacia el +B. Luego, L3 se encarga de que la corriente de salida fluya siempre en la misma dirección, o sea que se trata de corriente continua; claro que habrá que enderezarla mediante un filtro, pero eso ya nos es conocido. Aclaremos que las flechas en el primario y en el secundario de T tienen sentidos contrarios unas respecto de las otras porque así ocurre en los transformadores, pero ese es tema que no corresponde a este libro.

Una vez que conocemos el funcionamiento de los vibradores, sean sincrónicos o asincrónicos, ya tenemos la fuente para alimentar las placas de los equipos móviles y como el problema de los filamentos ya dijimos que no existe, el tema está ya agotado.

Alimentación de pantallas

Mencionamos al principio de este capítulo que había fundamentalmente dos fuentes para alimentar las válvulas, la de filamento y la de placas, y que de esta última se obtenían las tensiones necesarias para alimentar las pantallas y polarizar las grillas. Concretando el caso de las pantallas, diremos que no se emplea el sistema que se ilustró en la figura 36 aunque la placa lleve una batería, sino que se toma tensión para alimentar la pantalla desde la misma fuente B de placa, adecuando el valor de tensión que pida la fábrica mediante un resistor reductor. Hay válvulas que requieren en la pantalla la misma tensión que en placa; en tal caso basta unir la pantalla a la fuente +B de placa.

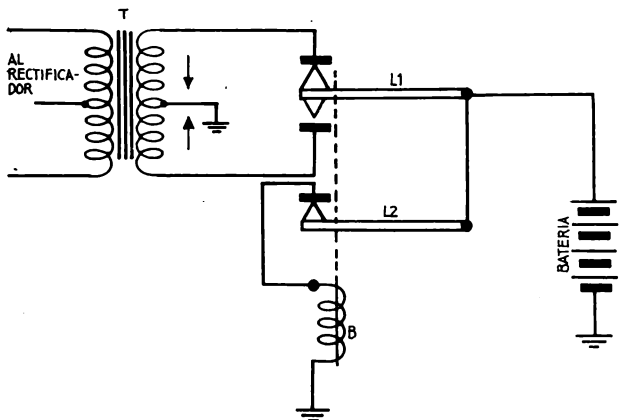


Fig. 71.- Circuito de aplicación de un vibrador de dos lengüetas o no sincrónico.

Pero lo más común es que la pantalla lleve una tensión menor que la placa; luego para conectar la primera a la fuente de la segunda hay que intercalar un resistor reductor, como vemos en la figura 73. Aquí R es la carga de placa y R1 es el reductor para pantalla; el capacitor C tiene una misión muy importante y no puede prescindirse del mismo. Ocurre que la pantalla participa del circuito de placa en lo que respecta a la corriente continua o

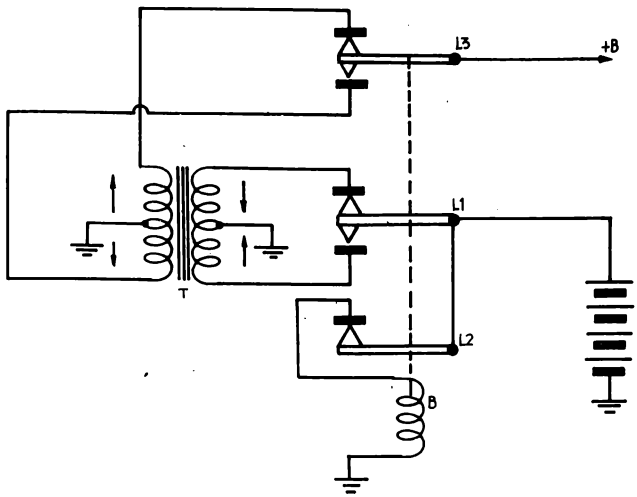


Fig. 72.- Circuito de aplicación de un vibrador de tres lengüetas o sincrónico.

flujo de electrones a través de la válvula, pero no debe participar en el manejo de la señal alternada; dicho de otra manera, la pantalla cumple una función aceleradora de los electrones pero no debe tomar parte en las variaciones de la densidad del flujo que se producen por las alteraciones de la tensión de grilla. Entonces, hay que unir la pantalla con el cátodo mediante una vía que permita el paso de la alterna y no de la continua, es decir mediante un capacitor que precisamente tiene tal propiedad.

Volviendo al circuito de la figura 73, tenemos que conocer el valor del resistor R1 que rebaja la tensión del +B hasta el valor requerido por la pantalla. Eso se calcula muy fácilmente con ayuda de la Ley de Ohm: si hay que reducir la tensión del +B en 100 volt, por ejemplo, para llevarla al valor necesario para la pantalla, dividimos esos 100 volt por la intensidad de corriente de la pantalla, dato de fábrica, tomada en amper y obtendremos el valor de R1 en ohm. Si, por ejemplo, la válvula consume 2 mA en pantalla, o sea 0,002 A, dividimos los 100 volt del ejemplo por esa cifra y nos da un valor de 50.000 ohm para R1.

Hay otra manera de obtener la tensión de pantalla desde la fuente de placa, que es similar pero tiene mayor constancia en la tensión obtenida; es el método del divisor de tensión que vemos en la figura 74. Nótese que el resistor R1 y el capacitor C son los mismos, y solo tenemos como novedad un segundo resistor R2. Pero aquí ocurre que desde el punto de alimentación +B fluye corriente hacia masa y en el punto de unión de ambos resistores la tensión tiene el valor requerido para la pantalla si se dan a esos resistores los valores que corresponde, y que aparecen siempre en los circuitos.

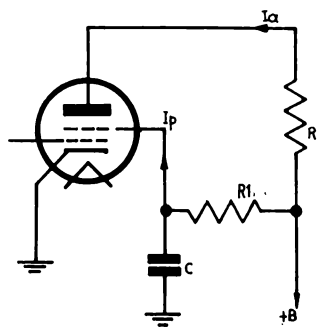


Fig. 73.- Alimentación de pantalla mediante resistencia reductora.

Polarización de grillas. Fuente C

La grilla de la válvula requiere una polarización básica negativa o *tensión C* que es la que fija el punto de trabajo, según lo vimos en la figura 24 y

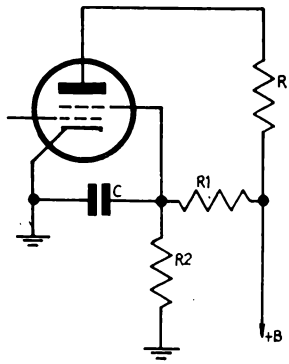


Fig. 74.- Alimentación de pantalla mediante un divisor de tensión.

para conseguirla no se emplea la batería que mostró la figura 26 sino que se acude a otras soluciones, las que serán tratadas en detalle de inmediato.

La figura 75 nos muestra la más simple de las maneras de polarizar la grilla de un triodo, usando para tal fin la misma corriente de placa de la válvula e insertando entre cátodo y masa un resistor Rc. Para comprender el sistema recordemos que polarizar la grilla significa darle a la misma una tensión negativa, pero como toda tensión tiene un valor y polaridad referidos siempre a dos puntos de un circuito y en las válvulas el punto básico de referencia es el cátodo, esa tensión negativa debe serlo con referencia al cátodo; esto se confirma si volvemos a la figura 26 y observamos que la grilla tiene polaridad negativa contra el cátodo, que la tiene positiva respecto a ella y, a su vez, la placa es positiva con respecto al cátodo.

Volviendo a la figura 75, si observamos que la corriente de placa Ia pasa por el resistor Rc siguiendo la dirección cátodo-masa, se producirá en el mismo una caída de tensión cuya polaridad será la indicada en la figura es decir positiva en cátodo y negativa en masa. Y como la grilla está conectada a masa a través de su resistencia de carga Rg, tenemos que la grilla quedará negativa respecto del cátodo, que es lo que se quería.

Ahora bien, el cátodo no debe participar en el proceso de la señal, o sea que para la señal alterna que maneja la válvula el cátodo debe seguir estando a potencial neutro o de masa y para ello se coloca el capacitor Cc derivado sobre Rc, o sea entre cátodo y masa; este capacitor no interviene en el circuito de circulación de la corriente continua, de modo que permite obtener la polarización de grilla, pero pone el cátodo a masa para la alternada.

Para determinar el valor del resistor Rc de cátodo no hay más que dividir la tensión que debe haber entre cátodo y masa, que es el valor de la polarización de grilla, por la corriente de placa, que es la corriente que recorre ese resistor. Por ejemplo, si hay que polarizar la grilla de una válvula con –8 V y la corriente de placa es de 20 mA, o sea 0,02 A, dividiendo nos da 400 ohm, que es el valor de Rc.

Si la válvula fuera un pentodo se procede de la misma manera, tal como lo indica la figura 76; para simplificar no hemos dibujado la supresora. Entonces, colocamos el resistor Rc de cátodo y lo derivamos con el capacitor de paso de señal Cc. Para calcular el valor del resistor de cátodo hay que tener en cuenta que por el mismo pasarán las dos corrientes: la de placa y la de pantalla, o sea que tendremos a través de Rc una corriente (la +

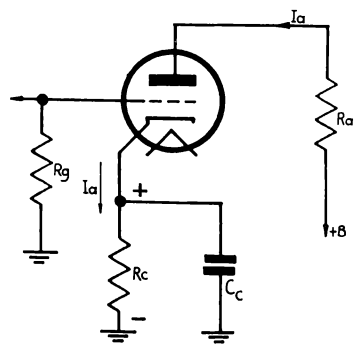


Fig. 75.- Polarización de grilla mediante un resistor en el cátodo.

Ip). El circuito se completa con el resistor de carga de grilla Rg, con la carga de placa Ra y con el grupo de pantalla formado por el resistor reductor Rp y el capacitor de paso Cp.

Poniendo un ejemplo, sea un pentodo que requiere –3V en grilla, que tiene una corriente de placa de 12 mA y de pantalla de 3 mA; pasando esos valores a la unidad amper, tenemos 0,012 y

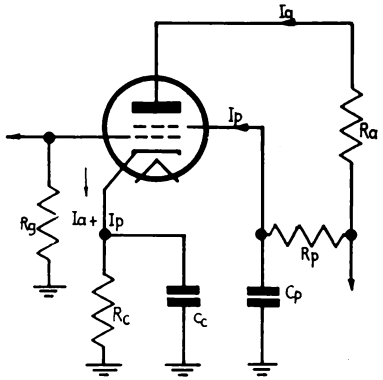


Fig. 76.- Polarización de grilla con resistor catódico en un pentodo.

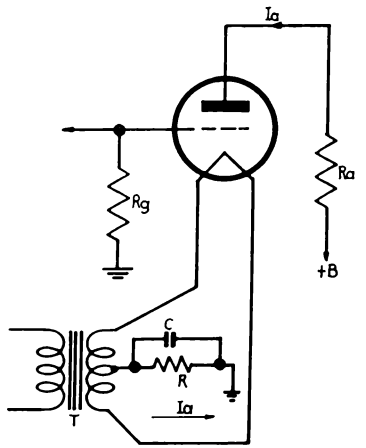


Fig. 77.- Plarización de grilla en válvulas sin cátodo.

0,003 respectivamente, que s umados nos dan la corriente total de cátodo 0,015 A; dividiendo los 3 V por esa corriente, tenemos un valor para Rc de 200 ohm.

Polarización en equipos de potencia

La forma de polarizar las grillas de las válvulas que hemos visto es la común en equipos receptores, amplificadores y aun transmisores de potencia reducida. En equipos de gran potencia, especialmente en transmisores, se presentan variantes que conviene que conozcamos.

Uno de los problemas que han obligado a adoptar variantes es el caso de las válvulas de calentamiento directo, es decir que no tienen cátodo. Sabemos que las válvulas modernas son todas de calentamiento indirecto, con cátodo pero en equipos de gran potencia todavía se utilizan las válvulas sin cátodo. En esos casos, no podemos insertar un resistor para polarizar la grilla en serie con el filamento, porque reduciría la corriente calefactora. La solución aparece en la figura 77 y

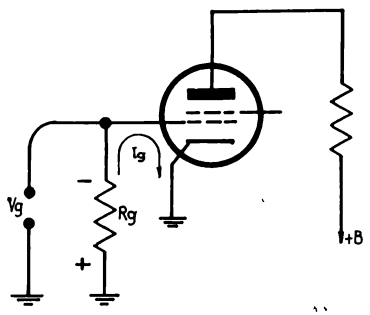


Fig. 78.- Polarización de grilla mediante rectificación grilla-cátodo.

consiste en colocar el resistor de polarización entre el punto medio del bobinado de filamento y masa. De este modo todo el filamento se halla eléctricamente a un potencial con respecto a masa, igual a la tensión que hay entre extremos de R; y como por R pasa la corriente de placa de la válvula, tal como lo comprobamos observando el esquema, el valor de R se determina en la misma forma que en la figura 75. A su vez, el capacitor C tiene también la misma función que en dicha figura.

Hay que hacer una advertencia y es que en la figura 77 hemos puesto una sola válvula cuyo filamento está alimentado por el transformador T y eso es obligado, porque si a ese transformador conectamos otres válvulas las grillas de todas ellas quedarían polarizadas con la tensión que tenemos en R, y todavía habría que ver si las corrientes de placa de las otras válvulas pasan o no por R para

tenerlas en cuenta en el cálculo. Pero en la práctica se polariza por este sistema solamente la etapa final de los transmisores de gran potencia y ocurre que esa etapa final puede tener dos válvulas que

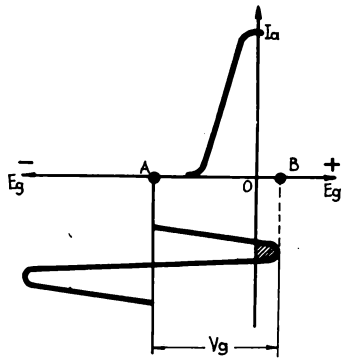


Fig. 79.- Gráfico que demuestra la acción lograda en la figura 78.

aparecen combinadas y cuyos filamentos van en paralelo; no importa entonces que ambas grillas queden a la misma polarización pues tal cosa es normal; lo único que para calcular R se toman las corrientes de placa de ambas válvulas.

En transmisores se acude a otro sistema de polarizar la grilla de las válvulas, lo cual se hace también en equipos de potencias reducidas. El sistema está ilustrado en la figura 78 y consiste en utilizar la señal Vg que se aplica a la grilla proveniente de las etapas anteriores mediante un proceso de rectificación, de tal modo que nos quede una tensión continua negativa en la grilla. Para comprenderlo, observemos la figura 79 complementaria de la 78 y analicemos la situación. En el gráfico de la característica de grilla de la válvula hemos dibujado la senoide que corresponde a la señal Vg que aplicamos a la grilla y que proviene de la etapa previa; esta señal tiene una amplitud o valor de cresta que es mayor que la tensión de polarización de grilla dada por OA y entonces la parte rayada de Vg superará el eje vertical y tendremos tensión positiva en grilla dada por OB. En ese momento, la grilla es positiva y actúa como una placa con el cátodo, formando un diodo rectificador; la corriente rectificada Ig circula en el sentido que indica la flecha en la figura 78 dando a la grilla una polarización negativa con respecto al cátodo, precisamente el valor OA que teníamos. El valor de Rg debe ser el adecuado para obtener ese valor OA. Obsérvese que el cátodo de la válvula va conectado a masa.

Finalmente, veamos el caso en que por requerirse valores muy altos de la polarización de grilla, o por ser necesaria una constancia muy rigurosa en el valor de la polarización, se acude a una fuente independiente, llamada *fuente C*, para polarizar la grilla. El esquema se ve en la figura 80 y consiste en un circuito rectificador completo, que presenta la novedad de que la salida del filtro va a masa y el punto medio del bobinado del transformador es el punto donde tenemos tensión negativa y por ende

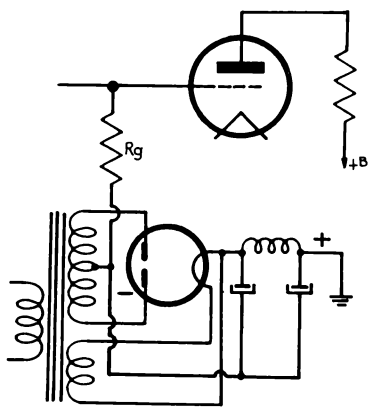


Fig. 80.- Polarización de grilla mediante una fuente independiente.

va a la grilla a través del resistor Rg de carga de la misma. Este sistema no se emplea únicamente en transmisores, sino también en algunos amplificadores de audio de gran potencia.

Día 7

Una vez que sabemos cómo funciona la válvula y cómo se la pone en condiciones de funcionar mediante los sistemas de alimentación, podemos comenzar a ocuparnos de los circuitos de aplicación, o sea de las funciones que pueden ser cubiertas por las válvulas. Algunas nociones sobre tales misiones básicas se dieron al explicar cómo trabajan los diodos, triodos y pentodos, pero debe considerarse que esas referencias son insuficientes frente a las grandes posibilidades que ofrecen. Las jornadas venideras estarán dedicadas a los circuitos de aplicación de válvulas y, en particular, la presente tratará el tema de la amplificación que es en esencia la más importante. Ya llegaremos a estar de acuerdo en que otras funciones son derivadas de la amplificación y entonces quedará justificada la frase anterior. Pero, mientras llegamos a esos otros temas, pensemos que cuando escuchamos un disco pasado por un equipo de alta fidelidad, estamos comprobando que las válvulas son capaces de brindarnos todo lo que de ellas se espera. Y después de este breve preámbulo destinado a ponernos en tema, abordemos la tarea de estudiar a la válvula amplificando.

LA VALVULA AMPLIFICANDO

Cuando estudiamos el comportamiento de la válvula triodo vimos al tratar las figuras 29 y 30 que la propiedad más importante era el efecto amplificador, o sea que pequeñas variaciones de tensión producidas en la grilla se traducían en grandes variaciones de tensión en el circuito de placa; inclusive dimos un ejemplo numérico para demostrar ese efecto. Ahora hemos llegado al momento de tratar el tema con mayores detalles.

Amplificación de tensión

La mención que hicimos a lo tratado en el capítulo 3 deja la sensación que la válvula puede amplificar tensiones y en realidad es posible amplificar también corrientes y potencias; pero esas posibilidades las veremos a medida que entremos más a fondo en el tema. Para comenzar retomamos el fenómeno de la amplificación de tensión.

No podemos seguir mostrando esquemas teóricos como el de la figura 29, de modo que mostramos en la figura 81 el circuito de una válvula triodo como amplificadora de tensión. Veamos las funciones de los elementos que vemos en este circuito. Por lo pronto hay que alimentar o polarizar los diferentes electrodos de la válvula V y entonces aparece la alimentación de placa, que se conectará a la línea del positivo general que indicamos +B, a través del resistor de carga de placa Ra.

Para polarizar la grilla usamos el recurso ya conocido de insertar en el circuito de cátodo un resistor Rc y un capacitor Cc. La grilla debe unirse a

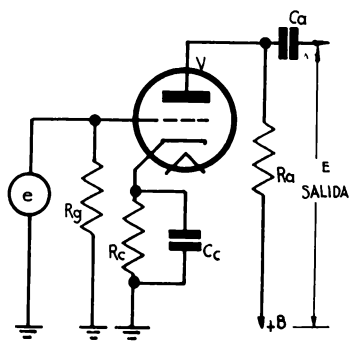


Fig. 81.- Circuito de una etapa amplificadora a válvula triodo.

chasis para que reciba esa polarización, pero no en forma directa, pues se haría un cortocircuito con la señal de entrada; se intercala entonces el resistor de carga de grilla Rg.

La tensión de entrada o señal de entrada es e y la señal o tensión de salida es E, y la tomamos sobre la carga de placa; el capacitor Ca nos aísla la señal de salida de la tensión continua presente en la placa, de modo que, del lado derecho de Ca sólo tendremos la señal alterna de salida.

La ganancia de la etapa amplificadora de tensión se calcula dividiendo la tensión de salida, medible entre extremos de Ra, por la tensión de entrada aplicada a la grilla de la válvula. ¿Esta cifra de ganancia es igual al factor de amplificación de la válvula? No, porque, a los efectos de la circulación de la corriente alterna por el circuito de placa, la resistencia interna de la válvula queda en serie con la resistencia de carga Ra, y a la salida sólo podemos tomar la tensión en esa carga y no la que queda como caída de tensión en el interior de la válvula. A título de ejemplo, si la carga Ra tiene el mismo valor de resistencia que la interna de la válvula, la tensión que se puede obtener a la salida es la mitad de la máxima, y la ganancia de la etapa será igual a la mitad del factor de amplificación de la válvula.

La afirmación precedente haría pensar a los lectores que para tener mayor ganancia hay que aumentar la resistencia de carga, pero esto reduciría el valor de la intensidad circulante. La teoría nos demuestra que el ideal es el caso que pusimos como ejemplo, es decir que la tendencia es hacer que la resistencia de carga sea igual a la resistencia interna de placa de la válvula.

La amplificación de la etapa puede ser suficiente para los fines perseguidos o no; si no alcanzara habría que disponer de dos etapas amplificadoras de tensión como la de la figura 81. Dicho de otra manera, si necesitamos amplificar una tensión 500 veces y una etapa nos da una ganancia neta de 25, hay que colocar dos etapas, porque 25 x 25 = 625, algo más de lo necesario. Conviene aclarar esto último porque hemos multiplicado las ganancias de cada etapa en lugar de sumarlas y eso debe ser justificado.

Si tenemos una tensión de 2 volt, por ejemplo, y necesitamos amplificar 500 veces, es que deseamos tener 1.000 volt. Si aplicamos esa tensión de 2 volt a la entrada de una etapa amplificadora que tiene una ganancia neta de 25 veces. resultará una tensión a la salida de: 2 x 25 = 50 volt. Ahora aplicamos esos 50 volt a la entrada de otra etapa que también tiene una ganancia neta de 25 veces, y nos entregará una tensión a la salida de: 50 x 25 = 1.250 volt, que es algo mayor que la cifra exacta necesaria. Lo dicho nos demuestra que si un amplificador tiene varias etapas, la ganancia total será igual al producto de las ganancias parciales.

Amplificación con pentodos

Todo lo dicho para la amplificación de tensión con una válvula triodo es válido para el caso de un pentodo, cuya aplicación como amplificador de tensión vemos en la figura 82. La diferencia que notamos es que hay que conectar la pantalla y alimentarla mediante el juego Rp y Cp, cuyas misiones fueron explicadas en el capítulo 6. Todos los demás elementos son los mismos que teníamos en la figura 81.

Cabe preguntarse cuál es el motivo de usar un pentodo en lugar de un triodo como amplificador de tensión. La respuesta es obvia: si el pentodo tiene mayor ganancia que el triodo, podemos ahorrar etapas amplificadoras de tensión que empleen triodos. Por ejemplo, podemos suponer que una etapa amplificadora con pentodo equivale a dos etapas amplificadoras con triodos, si bien en la práctica los resultados no son tan optimistas.

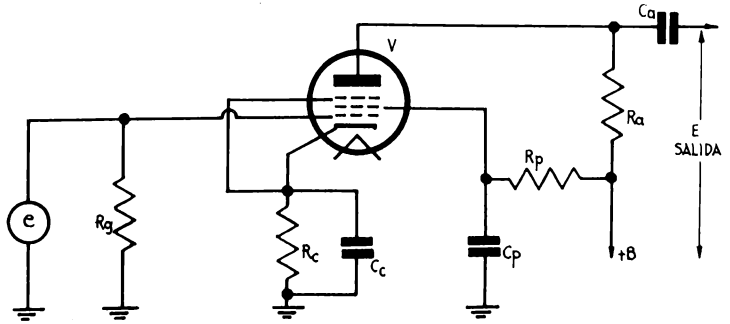


Fig. 82.- Circuito de un etapa amplificadora a válvula pentodo.

Las consideraciones sobre ganancia neta de la etapa que hicimos para el triodo son válidas para el pentodo. Hay que tener en cuenta que, como en los pentodos la resistencia interna es mayor, para cumplir con la condición ideal de colocar una resistencia de carga Ra igual a la interna se usan en los pentodos resistencias de carga de valores más altos que en los triodos.

Amplificación de potencia

La mayor parte de las veces un amplificador a válvulas se emplea para accionar un dispositivo que consume energía. En los amplificadores de sonido, en los receptores de radio y en el canal de sonido de los televisores, el amplificador debe accionar un parlante para suministrar sonido. El sonido se produce mediante presiones y depresiones del aire y para producirlas hay que ejercer presiones sobre el aire mediante el cono del parlante, lo que implica un consumo de energía. La capacidad de producir energía se llama *potencia* y de allí sale el nombre dado a los amplificadores que tienen esa finalidad.

En Electrónica la potencia se determina mediante el producto de la tensión por la intensidad de la corriente, de modo que un amplificador de potencia debe tener la propiedad de amplificar la tensión pero soportando una fuerte corriente. Ambos factores estarán presentes en el circuito de carga o consumo representado, en los casos puestos antes como ejemplos, por el parlante.

Veamos ahora el circuito típico de un amplificador de potencia que se muestra en la figura 83.

Como se necesita alto rendimiento, es común el empleo de válvulas pentodo y en este caso aparece un tetrodo de haces concentrados, que resulta ideal para este trabajo. En el circuito de grilla no hay ninguna novedad, pues tenemos la señal de entrada proveniente de las etapas anteriores, el resistor de carga de grilla Rg y el capacitor Cg que aísla la tensión continua de placa de la válvula previa. En el cátodo tampoco hay novedades, pues tenemos allí el conjunto de polarización de grilla Rc y Cc.

Recién al encarar el circuito de placa vemos algo nuevo, y se trata de un transformador T, cuyo primario aparece conectado en serie con la alimentación de placa que se hace desde el +B. El secundario de T se conecta a la carga que llamamos genéricamente Z para reconocerle que esa carga tendrá un valor de impedancia. La tensión continua de placa queda aislada de la carga Z por el mismo transformador, ya que no hay conexión eléctrica entre sus dos bobinados.

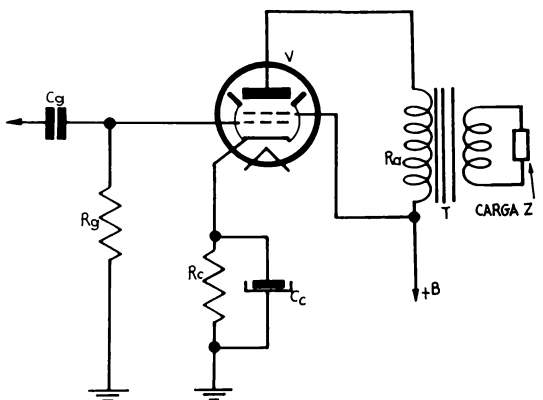


Fig. 83.- Circuito de una etapa amplificadora de potencia.

Por el primario de T circula la corriente de placa, mezcla de la continua y la alterna de señal. Esa corriente produce un campo magnético en el núcleo del transformador que inducirá una tensión en el secundario; como éste está conectado sobre la carga Z, por ella circulará una corriente alternada de señal. La parte continua de la corriente primaria no aparece en el secundario porque, al no tener variaciones, no induce tensión en el secundario; la parte alterna de la corriente de placa tiene variaciones y entonces ellas son las que inducen la tensión secundaria. Luego, en el secundario del

transformador tendremos una tensión inducida que responde en forma de onda y en frecuencia a la señal alterna que está amplificando la válvula, y la corriente circulante por la carga tendrá también esas mismas variaciones y frecuencia. El producto de esa tensión por esa intensidad nos da una cifra de potencia, que será absorbida por la carga.

Relación del transformador

Sabemos que la válvula como amplificadora debe tener una carga en placa, cuyo valor es Ra. La fábrica de la válvula da el valor ideal para Ra y si se trata de un resistor no hay ningún problema en colocar allí el valor exacto. En el caso de la figura

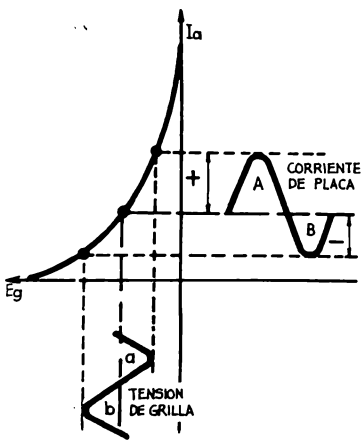


Fig. 84.- Gráfico que demuestra la deformación de la onda en la corriente de placa.

83 no hay un resistor sino que está el primario del transformador T. En el secundario de T tenemos conectada la carga Z que en la práctica no es otra cosa que la bobina móvil del parlante. Se ha convenido en tomar como impedancia de la bobina móvil el valor que presenta a una señal de 1.000 ciclos de frecuencia.

¿De qué manera la impedancia de la carga se presenta en el circuito de placa de la válvula? Ocurre que hay una transferencia de impedancia desde el secundario hacia el primario, y se dice que la carga refleja sobre el primario un cierto valor de impedancia o resistencia de carga. Estudios teóricos que no podemos realizar aquí por salirse completamente del tema y del nivel dado a este libro, demuestran que la carga reflejada sobre el primario es igual al producto de la carga secundaria por el cuadrado de la relación de espiras del transformador.

Pongamos un ejemplo concreto para ilustrar al lector. Si usamos un transformador que tiene una relación de espiras de 50, quiere decir que por cada espira que hay en el secundario habrá 50 espiras en el primario; si el secundario tiene 40 espiras, el primario tendrá 40 x 50 = 2.000 espiras. Ahora, si en el circuito de la figura 83 usamos ese transformador y conectamos como carga un parlante cuya bobina móvil tenga 4 ohm de impedancia, la carga reflejada sobre el primario se calcula multiplicando esos 4 ohm por el cuadrado de la relación de espiras, o sea 50 x 50 = 2.500; multipliquemos 4 x 2.500 = 10.000 ohm. Luego, la carga Ra vale 10.000 ohm, y deberá ser la ideal para la válvula V de ese circuito. Caso contrario, hay que cambiar el transformador por otro que tenga una relación de espiras que permita cumplir con la condición dada por el fabricante de válvulas al especificar la carga de placa.

Distorsión del amplificador

Un amplificador de potencia debe entregar a la carga una señal que guarde similitud absoluta con la señal aplicada a la entrada del mismo. Una onda o señal se caracteriza por su amplitud o valor de cresta, por su frecuencia y por la forma de la onda. Intuitivamente, nos damos cuenta que será fácil conseguir que el amplificador nos aumente la amplitud, pues esa es su misión específica. La frecuencia será mantenida porque las variaciones ocurren al mismo tiempo en todo el circuito. Pero la forma de onda merece un estudio aparte.

Las ondas se representan siempre por curvas llamadas *senoides* o también sinusoides, pero en la práctica, las ondas sonoras no tienen la forma de senoides puras, pues el timbre del sonido precisamente está caracterizado por la forma de onda. Luego, el amplificador debe respetar la forma de onda original, de lo contrario el sonido que reproduce el parlante no será igual al que proviene del instrumento y que de alguna manera teníamos como señal de entrada. Si se cambia la forma de onda se dice que hay *distorsión* o deformación.

Veamos cómo se puede producir deformación en un amplificador, para lo cual nos ayudaremos con la figura 84. Aparece allí la característica grilla-placa del pentodo que no es una recta sino que presenta curvatura, como ocurre en la realidad. La señal aplicada a la grilla es una senoide pura con dos semiciclos iguales a y b y mediante la construcción gráfica conocida obtenemos la forma de onda

de la corriente alterna en placa, que son dos semiciclos A y B que ya no son iguales. La curvatura de la característica grilla-placa de la válvula nos ha producido un achatamiento en el semiciclo inferior, que se comprueba por ser más grande la medida (+) que la (−). En resumen, que la forma de onda a la salida del amplificador no es igual que la que teníamos a la entrada, o sea que se ha producido distorsión.

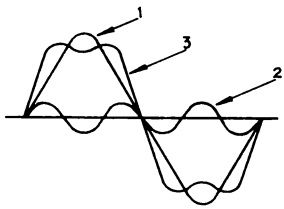


Fig. 85.- Efecto de la deformación por tercera armónica sobre la onda fundamental 1.

Ahora conviene investigar en qué se traduce en la práctica el cambio en la forma de onda. Tomemos dos senoides como las que muestra la figura 85, una de frecuencia triple que la otra, y sumémoslas punto a punto; si sumamos las curvas 1 y 2 obtenemos la 3, que dejó de ser senoide pura para adoptar otra forma de onda. Esto nos dice que las ondas deformadas son el resultado de la aparición en el circuito de señales de frecuencias superiores, llamadas *armónicas*.

Ahora hagamos la operación inversa, que se muestra en la figura 86. Tomemos la senoide deformada 1 y sumemos punto a punto una senoide también deformada pero con fase opuesta o contraria a la 1 que es la 2; el resultado es una senoide pura, la 3. Hemos corregido la distorsión inyectando en la señal distorsionada una fracción de la misma distorsión pero con fase invertida, tal como si fuera una señal que es negativa con respecto a la anterior. Esto es muy importante y merece ser estudiado aparte.

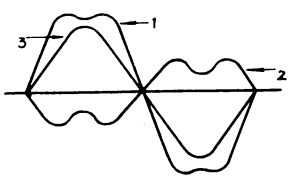


Fig. 86.- Forma de eliminar o reducir la deformación provocada por armónicas impares.

Realimentación negativa

Acabamos de ver que una manera de eliminar la distorsión, o por lo menos reducirla, ya que en la práctica el caso de la figura 86 es muy optimista, consiste en inyectar a la entrada del amplificador parte de la señal de salida, pero con fase invertida. Esta técnica se llama *realimentación negativa* y veremos cómo aplicarla.

Tomemos para empezar una etapa amplificadora de potencia, figura 87, la cual la suponemos a triodo para simplificar la explicación. Pensemos un poco; cuando la tensión de grilla aumenta hacia valores más negativos, la corriente de placa reduce su valor por haber mayor frenado de la grilla y cuando la tensión en grilla reduce su valor negativo la corriente de placa aumenta de valor por haber menor frenado del flujo electrónico. Esto nos dice claramente que a aumentos en grilla corresponden disminuciones en placa y viceversa. Podemos decir entonces que las señales en grilla y en placa están desfasadas en medio ciclo.

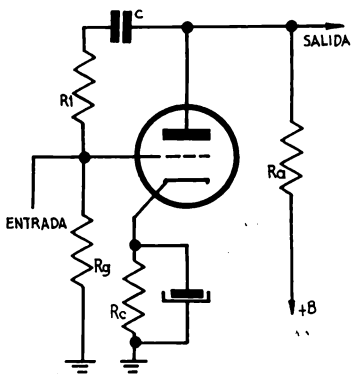


Fig. 87.- Aplicación de realimentación negativa directamente desde la placa a la grilla.

Veamos entonces qué sucede si tomamos parte de la señal de placa y la reinyectamos en la grilla como lo muestra la figura 87. Debido a la inversión de fase entre las señales de placa y grilla, estamos aplicando realimentación negativa, según lo pide la figura 86. Pero la amplitud de la tensión correctora no puede ser cualquiera, porque si la aplicamos demasiado grande vamos a distorsionar otra vez. Para graduar la cantidad de tensión correctora están los valores del par de resistores R1 y Rg que deben dosificarse convenientemente. El capacitor

C tiene la misión de aislar de la grilla la tensión continua de placa.

Veamos un caso concreto para saber cómo se dosifica la realimentación negativa. Supongamos que la tensión de entrada a grilla sea de 10 volt, y que el triodo tenga una ganancia efectiva de 10 veces; en placa tendremos una tensión alterna de 100 volt. Queremos aplicar un 20% de realimentación negativa, o sea que la tensión correctora debe ser el 20% de los 10 volt de entrada, es decir 2 volt. El juego divisor de tensión R1 y Rg, debe mantener una proporción tal que de los 100 volt a la salida queden 98 volt en R1 y 2 volt en Rg. Si Rg vale 100 Kilohm, el total R1 + Rg debe valer 5 Megohm, porque 100 es 50 veces 2 y 5 Meghom es también 50 veces 100 Kilohm.

En los circuitos prácticos suele aplicarse realimentación negativa a través de más de una etapa. Por ejemplo, la figura 88 nos muestra cómo se aplica a través de dos etapas. Para ello se toma la tensión correctora del secundario del transformador de salida T y se aplica parte de la tensión allí disponible, que es distorsionada, al cátodo de V1, mediante un divisor de tensión formado por R1 y R2. Aparte, en ese cátodo está el conjunto de polarización normal formado por Rc y Cc. El capacitor C tiene la misión de aislar la tensión continua que hay en el cátodo de V1 para evitar que se aplique al parlante. Las proporciones que deben guardar los valores de R1 y R2 se calculan en forma similar al caso propuesto como ejemplo; la tensión correctora que se aplica entre extremos de R2 queda insertada en la grilla de V1 y cumple su misión reductora de la deformación. Un detalle que debe cuidarse es que la tensión correctora sea *negativa* o sea que tenga fase opuesta con respecto a la tensión de señal que hay en el lugar donde se aplica y para ello debe tenerse en cuenta que cada válvula y cada transformador introducen en el circuito una diferencia de fase de medio ciclo. En nuestro caso tenemos un defasaje de tres medios ciclos, ya que V1, V2 y T producen medio ciclo de defasaje cada uno; a los efectos prácticos los ciclos enteros de defasaje no se cuentan, de modo que tres medios ciclos son un ciclo y medio, y descontando el ciclo entero nos queda medio ciclo. Eso es lo que necesitábamos, un defasaje de medio ciclo, luego el lazo de realimentación negativa de la figura 88 está bien aplicado. En los circuitos prácticos de amplificadores se dan siempre los valores de los resistores que dosifican la señal correctora y los lugares de aplicación, de tal modo que ambos deta-

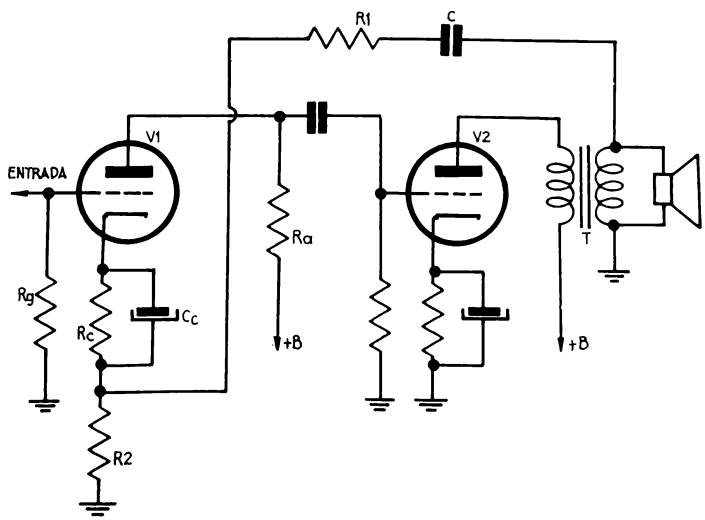


Fig. 88.- Aplicación de realimentación negativa desde la carga hasta el cátodo de la preamplificadora.

lles cumplen con las condiciones antes explicadas.

Amplificador simétrico

La idea de aumentar el rendimiento de los amplificadores de potencia hizo aguzar el ingenio de los investigadores hasta que surgió el montaje denominado *simétrico* (en EE.UU. se llama *push-pull*) que requiere dos válvulas iguales y que mostramos en la figura 89. Aparecen dos transformadores T1 y T2 y más adelante veremos que el primero se puede reemplazar por otros dispositivos más económicos. Veamos el funcionamiento.

Hay una señal de entrada e a la cual hay que convertirla en dos señales iguales pero con fases opuestas, las que aparecen en la figura como las dos tensiones Eg que se aplican a las grillas de ambas válvulas. Las corrientes de placa guardarán entre sí el mismo defasaje, y circularán cada una por la mitad del primario del transformador T2. Observemos que las partes continuas de esas corrientes de placa circulan por ese primario en sentidos contrarios, pues mientras la de V1 circula por el bobinado en dirección hacia arriba, la de V2 lo hace hacia abajo; la consecuencia de esto es que el campo magnético que originan ambas corrientes continuas en el primario de T2 tiene dos partes iguales pero de sentido contrario, que se anulan entre sí. Primera ventaja de la disposición simétrica: anular el campo magnético de continua, que solo sirve para saturar el núcleo del transformador y producir distorsión.

Las corrientes alternas de ambas placas circulan también en sentidos contrarios, pero como están defasadas de medio ciclo entre sí, se suman, produciendo un efecto magnético doble. Esto lo veremos mejor en el gráfico de la figura 90 que muestra las fases respectivas. Por ahora digamos que las tensiones alternas de placa que sabemos se toman sobre la carga de cada válvula, se suman, teniéndose entre extremos del primario del transformador una tensión doble. Como habíamos dicho que las corrientes también se sumaban y obteníamos un efecto doble, la potencia obtenible, que se obtiene multiplicando la tensión por la corriente, resulta cuatro veces mayor que con una sola válvula, al menos teóricamente; ésta es la segunda ventaja de la disposición simétrica.

Veamos ahora la tercera ventaja, tal vez la más importante. Habíamos mencionado la figura 90 que muestra las características grilla-placa de ambas válvulas. Supongamos que la señal trae distorsión por segunda armónica, o sea que tiene mezclada una cierta señal de frecuencia doble. Luego a ambas grillas se aplican las señales mezcladas, pero sabemos que entre ellas, las de V1 y V2, debe haber un defasaje de medio ciclo. Este defasaje se logra en los gráficos desplazando las curvas medio ciclo, pero observamos que al desplazar la curva grande de medio ciclo, la chica, la de segunda armónica, queda igual que antes. Luego, al obtener las corrientes de placa de ambas válvulas, las señales fundamentales cumplirán el proceso de

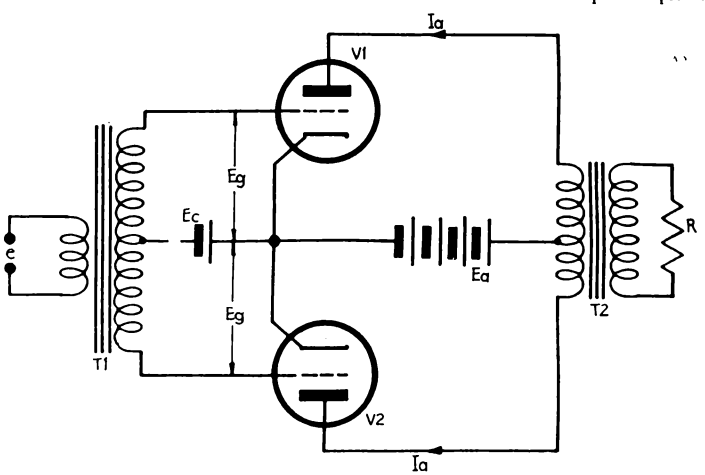


Fig. 89.- Circuito básico de una etapa amplificadora en disposición simétrica.

circular en sentidos contrarios por las mitades de T2 y sumar sus efectos por estar defasadas en medio ciclo; pero las segundas armónicas de ambas válvulas circulan en sentidos contrarios pero están en fase, luego se anulan entre sí. En consecuencia, la tercera ventaja de la disposición simétrica es eliminar las armónicas pares de la señal, ya que lo que demostramos para la segunda, es válido para la cuarta, sexta, etcétera. Recordemos que la realimentación negativa reducía la deformación por armónicas; la disposición simétrica no reduce, elimina directamente toda la deformación por armónicas pares y para las impares nos queda el efecto benéfico de la realimentación negativa. Se comprende que en los amplificadores de potencia modernos no se use otro montaje que el simétrico en las etapas de salida.

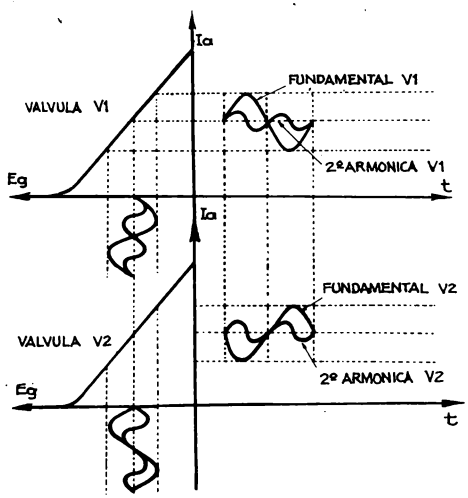


Fig. 90.- En este gráfico se demuestra la eliminación de armónicas pares en una etapa simétrica.

Inversión de fase

Dijimos que el montaje simétrico para amplificadores de potencia requería convertir a la señal de entrada en dos tensiones iguales pero con fases opuestas. Para lograrlo, en la figura 89 vimos que se usaba un transformador, pero advertimos que se podía usar otro sistema; la razón de evitar el transformador es que es costoso y además, introduce deformación por saturación magnética. El procedimiento para lograr lo que se dijo se llama *inversión de fase*, puesto que la segunda tensión que se obtiene tiene fase invertida con respecto a la de entrada.

La figura 91 muestra el sistema más común de inversión de fase a válvula. La válvula V1 es la amplificadora de tensión que existe normalmente en el amplificador y que entrega señal a la válvula superior de la disposición simétrica V3. Del circuito de grilla de ésta se toma una derivación en la carga de grilla mediante R2, de tal magnitud que sea igual a la tensión de señal que entra a V1 y se aplica a la grilla de V2; como V1 y V2 son iguales, la señal que entrega V2 a V4 será igual a la que recibe V3. Es decir que, por lo pronto, tenemos dos señales iguales; ahora veamos las fases de la mismas. Sabemos que entre el circuito de entrada y el de salida de una válvula hay un defasaje de medio ciclo, o sea hay oposición de fase, pues ya lo explicamos en el párrafo de realimentación negativa; luego, como la tensión para la grilla de V2 la tomamos del circuito de salida de V1, tendrá su fase opuesta con la tensión a la entrada de V1, que es lo que queríamos.

La figura 92 nos muestra un sistema inversor de fase más económico, pues se usa la misma válvula preamplificadora; se llama *catodino* y consiste en agregar al cátodo de la válvula una resistencia R igual a la R que forma la carga de placa de la válvula. Aparte tenemos la carga de grilla Rg y la

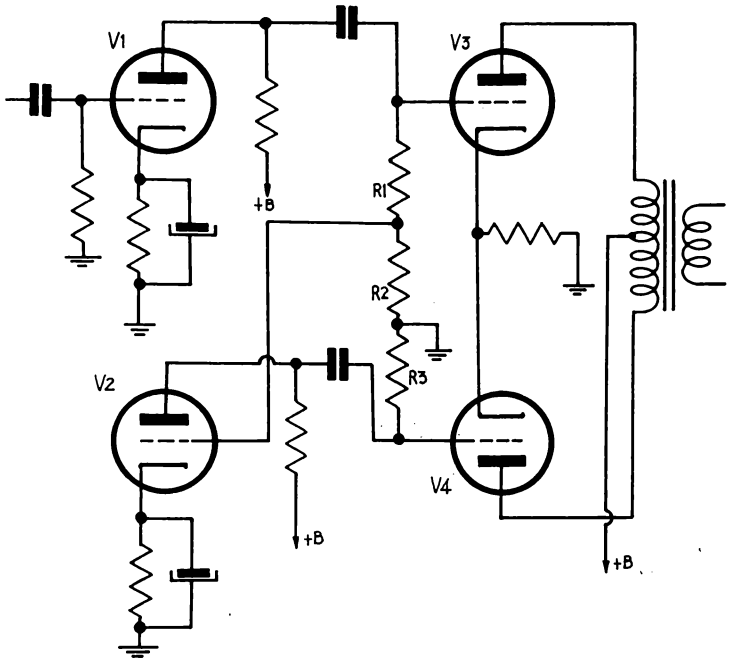


Fig. 91.- Circuito de un inversor de fase que toma tensión de la carga de grilla de la etapa final.

resistencia de polarización catódica Rc que son normales. El único detalle es que Rg debe conectarse al punto de unión de Rc y R porque la grilla se polariza por Rc solamente. Ahora bien, como la corriente de placa circula por la carga de placa y por el circuito de cátodo, pasará por las dos resistencias iguales R y tendremos en ellas dos tensiones iguales. Veamos ahora las fases de esas dos tensiones. En el moemnto que la corriente de placa tiende a aumentar, siguiendo el ciclo de alterna, se produce un aumento de caída de tensión en la R de placa, o sea que la tensión entre extremos de esa R disminuye; al mismo tiempo, la caída de tensión en la R de cátodo aumenta. O sea que en el mismo momento se produce una disminución de la tensión instantánea en placa y un aumento de la tensión instantánea en cátodo. Esto quiere decir que esas dos tensiones están en oposición de fase o que tienen la fase invertida. Ya tenemos nuestro inversor de fase. El inconveniente de este sistema es que reduce la ganancia de la etapa por tener que usarse resistores R de valor bajo y además, la carga de grilla Rg no retorna a chasis, lo que obliga a colocar un capacitor a la entrada.

La figura 93 nos muestra otro tipo de inversor de fase que emplea una válvula triodo para ese fin; mejor dicho, se usa una doble triodo, una de cuyas secciones es la preamplificadora normal y la otra el inversor de fase. En el cátodo común o unión de los dos cátodos se intercala un resistor R, además del de polarización Rc. La señal de entrada se aplica al triodo de la izquierda y el de la derecha tiene su grilla a masa para la señal a través del capacitor C. La señal para este segundo triodo se toma del resistor R y como éste forma parte del circuito de placa, esa tensión estará en oposición de fase con la señal de grilla del triodo de la izquierda. En consecuencia las señales marcadas como 1 y 2 estarán en oposición de fase.

Clases de amplificación simétrica

El sistema de amplificación simétrica que vimos en la figura 89 no aclaraba un detalle muy importante que se refiere a este procedimiento, y que

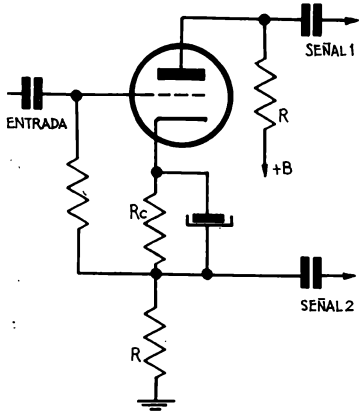


Fig. 92.- Circuito básico del inversor de fase del tipo catodino.

ahora veremos con ayuda de la figura 94. Como tenemos dos válvulas amplificadoras, podemos hacer que cada una nos entregue solamente medio ciclo de la señal de salida o podemos hacer que entreguen el ciclo entero. Veamos las particularidades de ambos sistemas.

Primero, consideremos que cada válvula trabaja durante todo el ciclo, y en este caso tenemos lo que se llama *clase A*. En grilla tenemos una señal con ciclo completo; el punto de trabajo está en la mitad de la parte recta de la característica grilla-placa de la válvula y la polarización para la grilla está dada por el punto L, con valor OL. El ciclo de la corriente de placa es completo. Esto mismo lo podemos dibujar para la otra válvula, solo que la fase de la curva será invertida. Este sistema clase A de amplificación se usa para amplificadores de audio de muy buena calidad pero de no muy alto rendimiento.

Veamos ahora la *clase B* en la misma figura 94. La polarización de grilla está dada por el punto M, con valor OM y lleva la válvula al corte; luego, solo habrá corriente de placa durante medio ciclo de la señal en grilla. El otro medio ciclo lo provee la otra válvula y reproducimos en el transformador de salida el ciclo completo. La amplitud de la señal en grilla puede sobrepasar el eje vertical, entrando en la región de las tensiones positivas de grilla, con lo que habrá circulación de corriente en grilla pero se consigue aumentar el rendimiento del amplificador. Este sistema se usa para amplificadores de audio de alta ganancia y no tan buena calidad, como sería el caso de los moduladores para transmisión de la palabra.

Advertimos que hay amplificación simétrica de clases intermedias, llamadas *clase AB*, en la cual la válvula trabaja un poco más de medio ciclo pero no el ciclo entero. Dentro de ella se distingue la que trabaja con corriente de grilla, como *clase AB2* y la que no tiene corriente de grilla, como *clase AB1*. Todo esto pertenece al campo de los diseños de amplificadores, y por ende escapa al objeto de este libro.

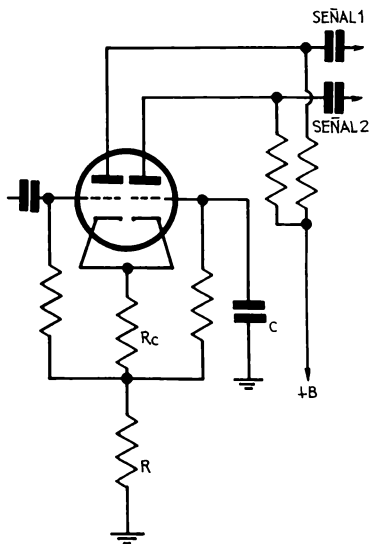


Fig. 93.- Circuito básico del inversor de fase de acoplamiento catódico.

Por último, veamos la llamada *clase C*, que tenemos en la misma figura 94 y que corresponde al caso en el cual la polarización de grilla se lleva más allá del corte, punto N, con valor ON. La válvula no trabaja ni siquiera en medio ciclo de placa, por

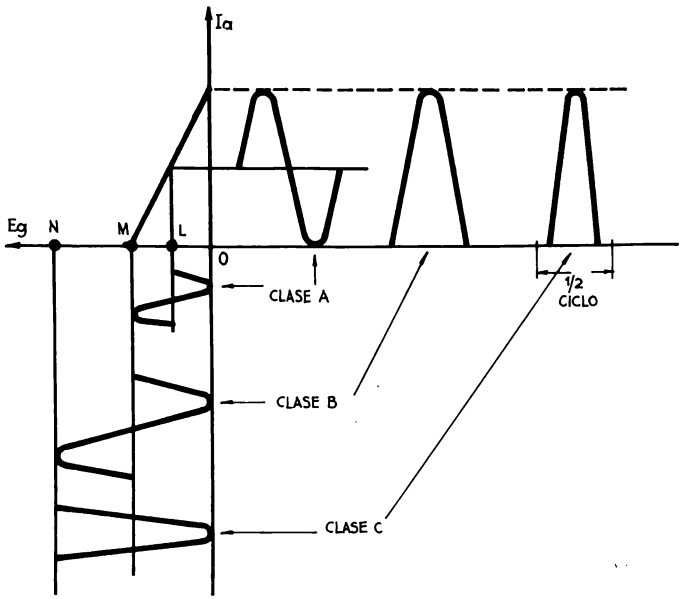


Fig. 94.- Gráfico que permite clasificar las diferentes clases de amplificación.

lo que la curva no es media senoide, sino una curva especial. Este tipo de amplificación se usa solamente en señales de R.F., es decir frecuencias elevadas para transmisión, donde la forma de la onda no nos preocupa. El rendimiento lógicamente es superior, ya que mantenemos la amplitud de la señal en placa con menor superficie de la curva, lo que nos dice que tendremos una misma amplitud de salida con menor valor de corriente circulante.

Acoplamientos entre etapas

Hemos dicho que la válvula como amplificadora podía trabajar con señales de alta o de baja frecuencia, más conocidas como señales de radio frecuencia (R.F.) y audio frecuencia (A.F.); también dijimos que muchas veces no era suficiente una sola etapa amplificadora y había que colocar dos o más. Inclusive tuvimos oportunidad de ver en la figura 88 un amplificador de dos etapas. Veamos ahora las modalidades que adopta el acoplamiento entre etapas según el destino del amplificador.

En primer lugar tenemos lo que se llama acoplamiento a resistencia y capacidad o simplemente *acoplamiento RC*. Es el más común y lo vemos en la figura 95, que nos resulta conocida por ser similar a la que ya vimos. Este tipo de acoplamiento es típico en amplificadores de tensión para audiofrecuencia. La ventaja es su simplicidad y el inconveniente es la presencia del capacitor C de acoplamiento, por el hecho de que el mismo tiene una impedancia que depende de la frecuencia y las señales de audio tienen frecuencias variables desde unos 30 hasta unos 16.000 ciclos por segundo. Luego, como C quede en serie con la señal, se producirá una pérdida de amplificación en las señales de frecuencias bajas, puesto que para ellas aumenta la impedancia de C.

Veamos ahora el acoplamiento *sintonizado* que muestra la figura 96. Cuando un amplificador trabaja con señales de frecuencia fija, puede aumentarse el rendimiento del mismo usando como carga de placa un circuito sintonizado a la frecuencia de trabajo. La ventaja que se obtiene es que la impedancia de un circuito sintonizado es máxima a la frecuencia de sintonía y al ser máxima la carga de placa se logra una tensión mayor de salida. Otra

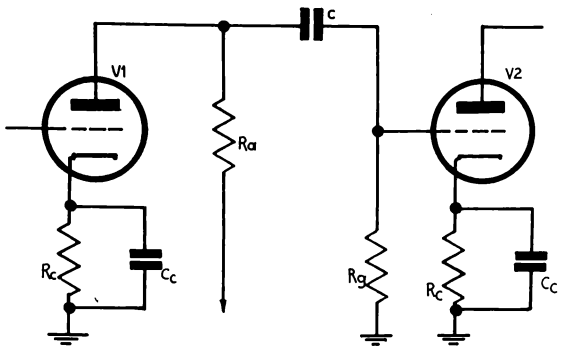


Fig. 95.- Esquema de etapas amplificadoras acopladas a resistencia-capacidad.

ventaja es que si se mezclan con la señal otras de frecuencia diferente, estas serán atenuadas, por reducirse mucho la impedancia del circuito sintonizado a frecuencias distintas a las de sintonía. Como vemos en la figura, este efecto se mejora todavía haciendo sintonizada la carga de grilla de la etapa siguiente. Este tipo de acoplamiento, que se llama *doble sintonizado*, es típico en los amplificadores llamados de frecuencia intermedia (F.I.) en los receptores superheterodinos.

La figura 97 nos muestra un circuito de acoplamiento *simple sintonizado* que tiene propiedades similares al anterior. Se emplea cuando debe retocarse la sintonía, para cuyo objeto el capacitor C suele ser variable. La carga en grilla de la etapa siguiente es el resistor Rg ya conocido y aparece el capacitor Cg de acoplamiento para aislar la tensión continua de la placa de la primer válvula y evitar que quede aplicada a la grilla de V2. Este tipo de acoplamiento se encuentra en amplificadores de F.I. de video en televisores, en etapas amplificadoras de transmisores, etcétera.

Hay más tipos de acoplamiento, y por ejemplo en la figura 89 vimos el que se llama *a transformador*, que se emplea poco por razones económicas en audio, pero que se usa frecuentemente en transmisores, ya que los transformadores para R.F. no llevan núcleo de hierro y no son otra cosa que un par de bobinas acopladas.

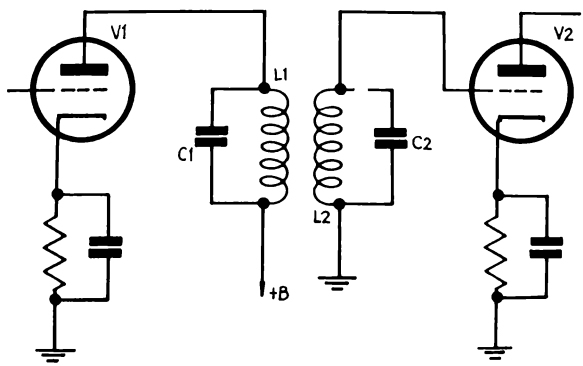


Fig. 96.- Esquema de etapas amplificadoras acopladas a transformador doble sintonizado.

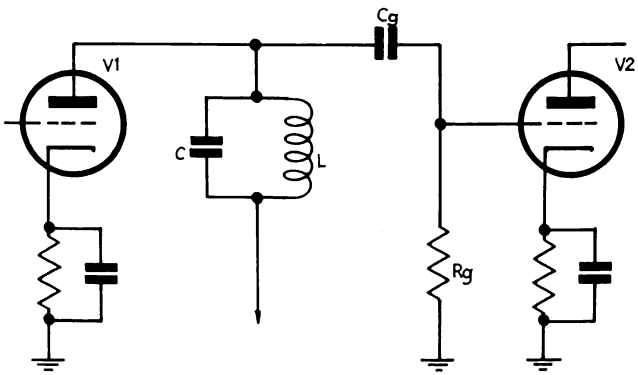


Fig. 97.- Esquema de etapas amplificadoras acopladas a circuito sintonizado.

Día 8

La segunda función importante de las válvulas en nuestro trabajo es la oscilación y ése será el tema de la presente jornada; pero de inmediato encontraremos que en esta misión la válvula no es otra cosa que un amplificador destinado a compensar las pérdidas del oscilador y hacer que el fenómeno continúe sin amortiguarse. Entonces, cabe preguntarse el porqué de estudiar aparte la oscilación de la amplificación. En realidad hay aquí dos razones, una es la costumbre y la otra que se trata de circuitos diferentes que deben ser tratados separadamente. Una vez que hayamos entrado en el tema de la oscilación justificaremos que se le asigne a la válvula una función importante en los circuitos oscilantes y el problema de si ella toma parte o no en el fenómeno en sí carecerá de importancia.

El tema a tratar en esta jornada es el de la válvula oscilando, y después de la aclaración precedente admitiremos que tal función es complementaria, pero también es cierto que en todo circuito oscilador veremos una válvula y entonces tenemos que estudiar simultáneamente la acción osciladora con la de la válvula colaborando en ella. Ahora entremos en el tema.

LA VALVULA OSCILANDO

Cuando se menciona la palabra *oscilar* recordamos instintivamente al péndulo porque es la mejor visualización gráfica del fenómeno: un objeto que cambia rítmicamente de posición pero manteniéndose entre dos posiciones extremas. En Electrónica no tenemos objetos comunes en movimiento sino cargas eléctricas, de modo que si hablamos de oscilación electrónica nos referimos seguramente a desplazamientos rítmicos de cargas eléctricas. Efectivamente, una oscilación eléctrica o electrónica consiste en un vaivén de cargas que se traslada entre dos puntos o componentes de un circuito en forma alternativa.

Conceptos básicos

Si pensamos en una carga eléctrica que tenemos acumulada en un elemento, el mismo debe ser forzosamente un capacitor; luego, uno de los dos elementos que hemos mencionado es un capacitor y lo vemos en la figura 98, expresión mínima de un oscilador. El otro elemento es una bobina, porque necesitamos algo que reaccione cuando hay una corriente variable o sea un movimiento esporádico de cargas eléctricas.

Supongamos que tenemos cargado al capacitor C y le conectamos la bobina L en paralelo; con ello cerramos el circuito y el capacitor se descargará sobre la bobina. Pero precisamente la propiedad de las bobinas es generar fenómenos de autoinducción, o sea que cuando están recorridas por una corriente variable se produce una fuerza electromotríz, esto es, una tensión entre sus extremos. ¿Por qué podemos decir que la corriente de descarga de C es variable? Porque en la bobina no había corriente y de pronto la hay, y un poco después, cuando se termina la carga de C ya no hay más corriente. Luego tenemos variaciones de corriente y ellas generan una tensión eléctrica en la bobina. ¿Qué hace esa tensión que tenemos apli-

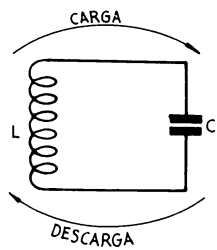


Fig. 98.- Principio elemental de la formación de una descarga oscilante.

cada sobre el capacitor? Vuelve a cargarlo, y una vez que ello ocurrió C se descargará otra vez sobre la bobina y se repetirá el ciclo. Las cargas eléctricas

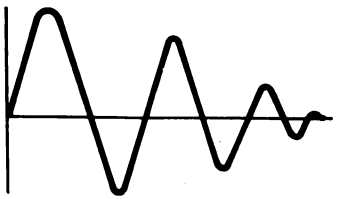


Fig. 99.- La oscilación obtenida se va amortiguando por las pérdidas en el circuito oscilante.

adquieren desplazamientos en vaivén de C a L y viceversa, y eso es lo que se llama *oscilación eléctrica.*

Claro, las cosas que vemos en la figura 98 son teóricas, pues no existen capacitores ni bobinas perfectas. Aclaremos: un capacitor tiene un dieléctrico que no debiera tener resistencia o sea que no debiera permitir el paso directo de la corriente, pero en la realidad permiten el paso en pequeña proporción. Una bobina está hecha con alambre conductor y ese alambre tiene resistencia; luego, las corrientes que circulan con resistencia se convierten en calor o sea que hay una pérdida de energía. Paulatinamente las oscilaciones se irán amortiguando y a lo largo de unos cuantos ciclos desaparecerán.

La figura 99 nos representa gráficamente el fenómeno que hemos explicado. La oscilación la representamos con una senoide, porque precisamente ese transporte rítmico de cargas eléctricas, representado gráficamente, cumple con la curva universal de la corriente alternada. Pero como hay amortiguación de las oscilaciones por las pérdidas de energía que se producen, cada ciclo será menor que el anterior, hasta que las oscilaciones desaparecen.

¿Cómo podemos hacer para evitar la amortiguación de las oscilaciones y disponer así de una tensión alternada de amplitud constante, que no es otra cosa que una señal? Hay que compensar las pérdidas, o sea inyectar energía al circuito en una proporción adecuada. Aquí interviene la válvula electrónica.

Acción de la válvula

Pasemos ahora a la figura 100 que muestra lo que ya podemos llamar *oscilador.* El circuito formado por la bobina L y el capacitor C es el oscilador que teníamos en la figura 98, pero la tensión que aparece entre sus extremos se aplica a la válvula V a través del capacitor de grilla Cg, que aisla a LC de la tensión continua que tenemos a la derecha de Cg. La válvula amplifica esa tensión o señal, luego podemos quitar parte de la energía obtenida y devolverla al circuito oscilante. Eso es lo que hacemos mediante la bobina La, que está en serie con la corriente de placa, pero arrimada a la

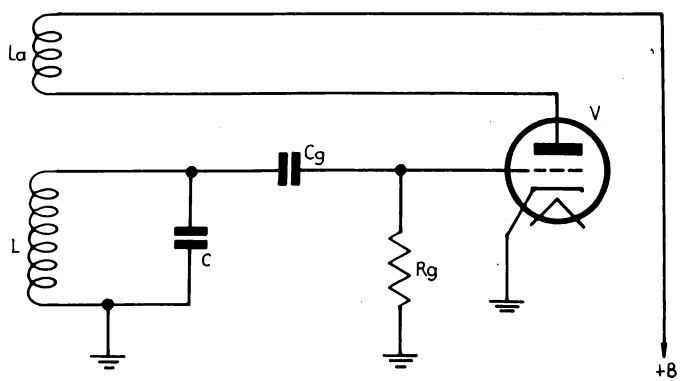


Fig. 100.- Circuito básico de un oscilador con realimentación inductiva.

bobina L, por lo que, tal como si se tratara de un transformador, esa bobina La induce una tensión en L. Se trata, en otras palabras, de una reinyec-

ción o *realimentación* de energía desde la salida hacia la entrada.

Si recordamos algo estudiado en el capítulo anterior, la realimentación negativa, podemos decir que ahora estamos frente a una realimentación positiva. La bobina realimenta a la bobina L de tal modo que refuerza la señal que tiene L. Entonces, vemos que la válvula cumple la misión de amplificar la señal del oscilador LC para compensar las pérdidas y evitar la amortiguación de las oscilaciones.

Y el resistor Rg, ¿qué hace allí? Bueno, la grilla debe ser polarizada, y si recordamos la figura 78 sabemos que éste de colocar esa resistencia es un buen método para polarizar la grilla.

Ahora tenemos nuestro oscilador a válvula completo; falta aclarar que la placa de la válvula debe ser alimentada, de modo que tenemos allí una conexión a la línea del positivo ó +B; se supone que este oscilador pertenece a un circuito que tiene otras válvulas y por ende habrá una fuente de alimentación.

Entonces un oscilador es un generador de señales. ¿Cuál será la frecuencia de las señales producidas? La respuesta requiere un análisis teórico de la situación que trataremos de simplificar.

Frecuencia de las señales

La frecuencia de las señales producidas por un oscilador depende exclusivamente de las características del conjunto LC, ya que la válvula u otros componentes del circuito no pueden modificarla. Ahora bien, la frecuencia es la inversa de la duración del ciclo, porque si un ciclo dura, por ejemplo, un centésimo de segundo, quiere decir que la frecuencia será de 100 ciclos por segundo. La duración del ciclo depende del tiempo que tardan la carga del capacitor y el fenómeno de autoinducción en la bobina, o sea que dependerá de los valores de la capacidad y la inductancia de los mismos. Y como nada se gana con aumentar desmesuradamente la aptitud de conservar cargas en el capacitor si la bobina tiene poca habilidad para la autoinducción, para decir estas cosas en términos un poco deformados pero que facilitan la comprensión, resulta que la frecuencia resultante será la que corresponda a una identidad en el comportamiento entre la bobina y el capacitor, o sea la que da igual valor para la impedancia de ambos elementos.

Ahora necesitaríamos el auxilio de las matemáticas para deducir con ella el valor de esa frecuencia que cumple con la condición antedicha, pero no es ese nuestro objetivo, ya que nos basta saber que si una bobina tiene un valor de inductancia dado por la cifra L y un capacitor tiene una capacidad dada por la difra C, la frecuencia producida será tanto mayor cuanto menor sean L y C. O sea que los osciladores para frecuencias altas tienen bobinas de pocas espiras y capacitores de capacidad pequeña y viceversa.

Variación de la frecuencia

Bueno, ahora sabemos cómo funciona un oscilador y que la señal producida tiene una frecuencia que depende de los valores de inductancia de la bobina y de la capacidad del capacitor. Para hablar con mayor rigor científico, tendríamos que decir que esa frecuencia es inversamente proporcional a la raiz cuadrada de los valores de L y C. Nuestro oscilador nos entrega pues una señal de frecuencia fija.

Pero en la práctica muchas veces se necesita un oscilador en el cual se pueda variar la frecuencia de las señales producidas. Desde ya diremos que esa variación es posible dentro de ciertos límites, que explicaremos; pero el hecho es que necesitamos variar la frecuencia. Si observamos la figura 100 y pensamos que la frecuencia de las señales depende de los valores de L y de C, la solución a nuestro planteo surge de inmediato. Para variar la frecuencia de las señales es cuestión de hacer variable a la bobina o al capacitor. Claro que resulta mucho más simple hacer variable a un capacitor, y esa es entonces la solución adoptada. El capacitor C de la figura 100, que allí aparece con el símbolo de capacidad fija, lo cambiamos por otro de capacidad variable, y tenemos un oscilador de frecuencia variable a voluntad

¿Es posible que esas variaciones no tengan límite? No, no es posible, porque la máxima variación de capacidad en un capacitor variable, teniendo en cuenta que la capacidad mínima del mismo no puede ser menor que la capacidad residual, o sea la de los soportes, conexiones, etcétera, está dada por la relación entre la capacidad máxima y la mínima. En la práctica, la capacidad residual de un capacitor variable es del orden de un 10% de la máxima y entonces la relación de capacidades es de 10, en más o en menos.

Ahora bien, dijimos que la frecuencia dependía de la raiz cuadrada de la capacidad. Luego, la relación entre la frecuencia máxima y mínima en un oscilador de frecuencia variable será igual a la raiz cuadrada de la relación de capacidades del capacitor variable. Como esta última cifra es 10, la raiz cuadrada de 10 es algo más de 3; luego, la relación de frecuencia máxima a frecuencia mínima en un oscilador de frecuencia variable, será más o menos 3. Veamos un ejemplo concreto. En los receptores

de radio la sintonía se hace por medio de un capacitor variable; luego; la relación entre la frecuencia máxima de sintonía y la mínima será de más o menos 3. En el dial de los receptores vemos que la frecuencia más alta es 1.650 Kc/s y la más baja es 550 Kc/s; si dividimos ambas cifras obtenemos 3, que es lo que dijimos antes.

Oscilador Hartley

Entremos ahora en el terreno de los circuitos prácticos. El oscilador de la figura 100 funciona, pero no es el único tipo. Hay muchos otros circuitos de osciladores que fueron ideados por diversas razones. Por ejemplo, la figura 101 nos muestra el circuito Hartley, que tiene la particularidad de tener una sola bobina. La realimentación se logra haciendo una derivación en dicha bobina y conectando allí el cátodo. Como desde el cátodo hacia masa circulará la corriente de placa, en parte de la bobina está presente la señal de placa y se produce la realimentación por inducción de esa parte inferior de la bobina sobre el resto de la misma.

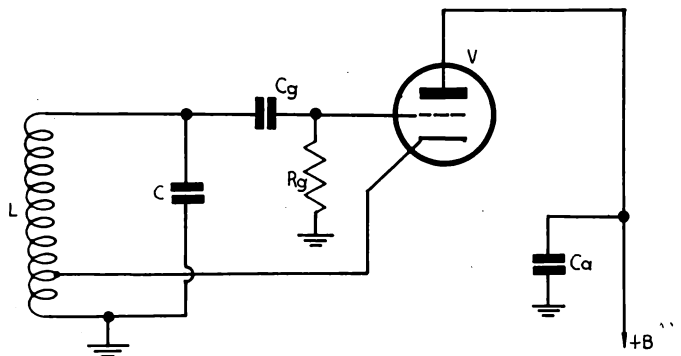


Fig. 101.- Esquema básico del oscilador de realimentación inductiva tipo Hartley.

Claro, ahora la señal que tenemos en placa no nos interesa para reinyectarla al circuito de grilla, porque esa reinyección ya está cumplida. En consecuencia, la señal en placa la podemos enviar a masa a través del capacitor Ca y así se hace. En los demás detalles el circuito no se diferencia del anterior, pues aparecen el capacitor aislador Cg, el resistor de polarización de grilla Rg y la válvula amplificadora, por supuesto.

Si queremos obtener una señal de frecuencia fija, el capacitor C será fijo pero si queremos variar la frecuencia de las señales hacemos variable a C, tal como hemos dicho.

Oscilador Colpitts

La derivación en la bobina del oscilador trajo algunos problemas cuando se debían hacer osciladores que cubrieran una amplia gama de frecuencias, porque entonces era necesario usar varias bobinas intercambiables. El hecho de tener cada bobina tres puntos de conexión en lugar de dos complicaba un poco la llave conmutadora. Así surgió el oscilador Colpitts de la figura 102. La realimentación se hace por via capacitiva en lugar de via inductiva como en el Hartley.

Al lector le habrá llamado la atención la aparición de la bobinita Ch en el cátodo de la válvula y la justificaremos. En el oscilador Hartley, la corriente de placa, mezcla de la continua y la señal, pasa por la parte inferior de la bobina L y va a masa, de donde retorna al circuito de placa por la conexión de masa de la fuente de alimentación. En el Colpitts, la señal de placa puede pasar por el capacitor C2, pero la corriente continua de placa debe ir a masa desde el cátodo y por el capacitor no puede pasar, de modo que se coloca la bobina Ch, que se llama choque; como se trata de una bobina, ofrece dificultades al paso de la alterna y no de la continua. Entonces, la corriente continua de placa va por Ch a masa y de allí retorna a placa a través de la conexión a masa de la fuente de alimentación. El capacitor Ca tiene una misión que ya fue explicada.

Hay un detalle muy importante y es que como el capacitor C aparece aquí formado por dos secciones C1 y C2, debemos tener en cuenta que para saber la frecuencia producida se toma la capacidad resultante de los dos capacitores en serie y como ambos suelen ser iguales, esa capacidad resultante

es igual a la mitad del valor de cada capacitor, según las leyes formales de la electricidad. Dicho de otra manera, si para obtener una frecuencia determinada las tablas nos piden un capacitor de 100 mmFd, en el Colpitts tenemos que poner dos capacitores de 200 mmFd en serie.

Otro detalle de interés: si tenemos que hacer un oscilador Colpitts cuya frecuencia sea variable, y ya dijimos que este circuito se diseñó precisamente para esos casos, los dos capacitores variables C1 y C2 deben estar en tandem. Esto es porque el grado de realimentación no debe ser alterado, y en este oscilador ese grado está dado por la relación entre esas dos capacidades. Si ambos capacitores son iguales, la realimentación es del 50% en cifras referidas exclusivamente a la relación entre C1 y C2. Al querer variar la frecuencia debemos variar la capacidad, pero ello debe hacerse manteniendo esa relación del 50% y ello solo se consigue si variamos C1 y C2 simultáneamente, o sea que ellos estén en tandem.

Oscilador Clapp

Hasta aquí dijimos que el circuito oscilante consistía en una bobina en paralelo con un capacitor; dentro de esta aseveración se encuentran todos los osciladores que hemos visto y otros que no tratamos para no insistir en circuitos muy similares. Pero también se puede producir la oscilación si conectamos el capacitor en serie con la bobina, tal como aparece en la figura 103, que coresponde al oscilador Clapp. En este oscilador la realimentación se hace por vía capacitiva, como en el Colpitts, pero la bobina L se conecta en serie con el capacitor C. El resto del circuito no presenta otras modificaciones.

Si el Clapp se debe hacer de frecuencia variable, el capacitor C es variable. Como este tipo de oscilador se emplea generalmente en equipos transmisores, como generador de la señal protadora, el detalle de que sea variable o no depende de si se trata de un emisor de frecuencia fija, como sería una radiodifusora o si es un equipo para transmisiones de aficionados, donde la frecuencia se varía dentro de las bandas asignadas a los mismos.

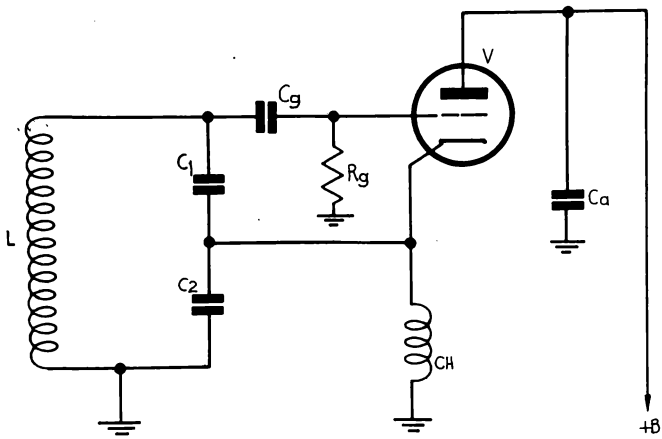


Fig. 102.- Esquema básico del oscilador de realimentación capacitiva tipo Colpitts.

Multivibradores

Hemos dicho que un oscilador es fundamentalmente un conjunto LC que se aplica a una válvula para compensar la amortiguación de las oscilaciones y mantenerlas Con esto puede pensarse que un circuito que no tenga bobina y capacitor no puede oscilar y en la realidad no es así. Si se reinyecta señal de la salida de una válvula a la entrada se produce una fuerte realimentación que hace oscilar al conjunto. Para que comience el proceso debe haber una señal, porque con tensiones continuas puras no hay señal disponible, pero el solo hecho de que la tensión de alimentación no esté perfectamente filtrada y tenga un residuo de alterna, es suficiente para iniciar ese proceso.

La figura 104 nos muestra un oscilador de este tipo, que se llama *multivibrador*. Hay allí dos vál-

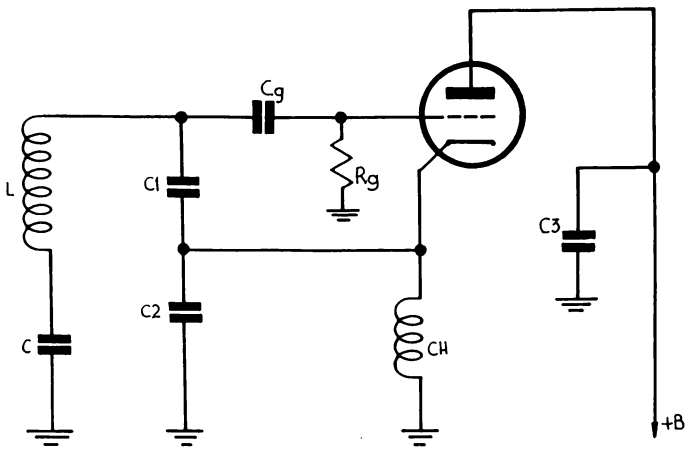


Fig. 103.- Esquema básico del oscilador de realimentación capacitiva y sintonía en serie tipo Clapp.

vulas V1 y V2, cada una de las cuales tiene sus resistores de carga de placa Ra, de grilla Rg y los capacitores aisladores de grilla Cg; en realidad, Cg hay solamente en V2, porque el de V1 está conectado de una manera muy especial: va de la placa de V2 a la grilla de V1, con lo que se cumple con la fuerte reinyección de señal que se postuló. Así se forma el oscilador que hemos mencionado.

Pero hay una cosa importante que aclarar. La señal producida por los osciladores vistos anteriormente tiene una forma de onda senoidal pura. La señal producida por el multivibrador debido a la fuerte realimentación positiva, es deformada, o sea que tiene muchas armónicas (recordar figura 85) y resulta con la forma que muestra la figura 105. Se trata de una onda de *pulsos* más bien que una señal

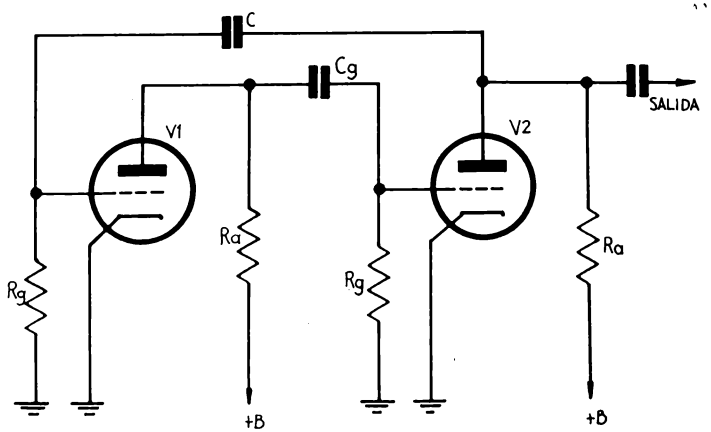


Fig. 104.- Circuito básico de un multivibrador u oscilador de realimentación directa.

normal. El multivibrador tiene entonces aplicaciones en circuitos que necesitan pulsos, como ser en los barridos de osciloscopios, televisores, etcétera.

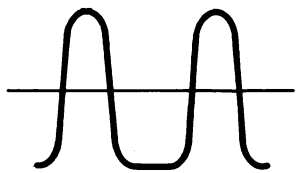


Fig. 105.- Forma de onda de salida de un multivibrador.

Oscilador Franklin

Hemos dicho que el multivibrador entrega una señal muy rica en armónicas y por ende no se puede fijar en él una frecuencia básica. Para aprovechar el alto rendimiento del multivibrador, pero obtener una señal fundamental determinada, se ideó el oscilador Franklin, cuyo circuito se ve en la figura 106. Consiste esencialmente en un multivibrador al cual se le agrega un circuito sintonizado LC. La señal producida, si bien tiene un cierto contenido de armónicas, presenta un valor acentuado de una señal de frecuencia fundamental o básica, cuyo valor está dado precisamente por la inductancia de la bobina L y la capacidad del capacitor C. En los demás detalles este circuito no presenta diferencias con el anterior, del multivibrador, ya que está basado en ese. No puede decirse que este oscilador tiene grandes aplicaciones en la práctica, pero una de ellas es cuando un circuito debe trabajar en dos funciones: como multivibrador, para generar pulsos y como oscilador, para generar señales. En ese caso basta una llave para incluir o no en el circuito multivibrador al conjunto LC.

Osciladores a cristal

Para abordar este tema debemos hacer referencia a la piezoelectricidad, un fenómeno natural que, como el magnetismo y los minerales electrizados, es motivo de estudios en otros libros que se ocupan de esos temas. Este fenómeno se presenta en las sales cristalizadas de cierto cuarzos, particularmente en las de La Rochelle y las de Seignette y consiste en que si se toma una pastilla de ese cristal y se lo somete a presión entre sus caras se produce una tensión eléctrica, una oscilación. Los lectores conocen este fenómeno porque se aprovecha en los fonocaptores piezoeléctricos o de cristal para captar el sonido grabado en discos. La frecuencia de la señal obtenida depende del espesor de la placa de cristal.

Los cristales mencionados se presentan con las formas que muestra la figura 107, y se ve que hay tres ejes perfectamente diferenciados, que permiten hacer corte de láminas delgadas según planos paralelos a los mismos. Los cortes producidos se ilustran en la figura 108 y toman los nombres de esos ejes; así se habla de cristal con corte X o con corte Y. Si se inclinan los planos de corte con respecto a los ejes se obtienen láminas que presen-

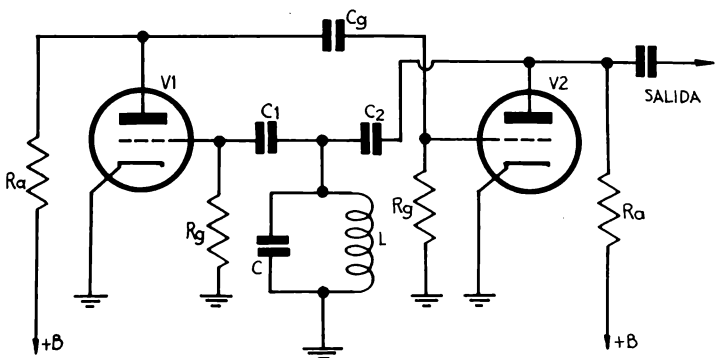


Fig. 106.- Sintonizando un multivibrador se tiene el oscilador Franklin.

tan poca variación de frecuencia con las variaciones de temperatura, que era uno de los defectos importantes de los cristales.

Veamos ahora la aplicación de estos cristales para hacer osciladores. La figura 109 muestra el

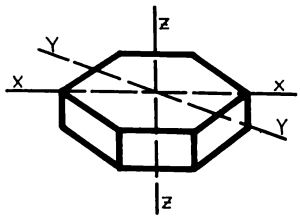


Fig. 107.- Disposición de los tres ejes en un cristal de cuarzo.

circuito clásico de un oscilador a cristal, donde en la grilla aparece conectado el mismo, directamente, sin circuito LC. En el circuito de placa colocamos un conjunto LC solamente para mejorar el rendimiento, por aquello que explicamos en el capítulo anterior sobre la conveniencia de elevar la carga de placa. Y los circuitos sintonizados presentan una impedancia muy alta a la frecuencia para la cual resuenan, por lo que el conjunto LC de placa se encarga de aumentar el rendimiento de nuestro oscilador. El capacitor C es variable para ajustar exactamente la sintonía del conjunto a la frecuencia generada por el cristal.

Otro circuito de oscilador a cristal es el Pierce, que se muestra en la figura 110. Aquí el cristal se conecta entre la placa y la grilla de la válvula, y para aislar la tensión continua de placa se inserta el capacitor C. Las ventajas del Pierce sobre el ante-

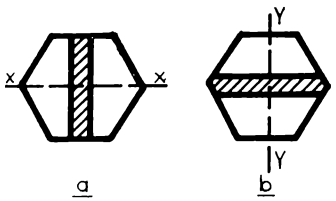


Fig. 108.- Cortes típicos en cristales de cuarzo para usos en electrónica.

rior son sutiles y se explican en los libros que tratan temas de transmisión. Por ejemplo, el Pierce no necesita neutralización, operación que consiste en compensar el efecto de retroceso de la señal por la capacidad interna de la válvula.

Pero hay que dejar sentado que los osciladores a cristal presentan sobre los otros tipos una ventaja importante: su constancia de frecuencia. Esto es causa de que algunas reglamentaciones exijan osciladores a cristal en ciertos equipos emisores de señales y además que el cristal se coloque en cámaras térmicas, para impedir incluso las pequeñas variaciones de frecuencia que se producen en los cristales expuestos a la atmósfera del ambiente. Es el caso de las radiodifusoras, a las cuales les alcanzan reglamentaciones de ese tipo, que fijan las máximas variaciones de frecuencia toleradas y que son cifras muy chicas.

Obsérvese que en los osciladores a cristal la válvula juega un papel muy secundario, pues tiene la única misión de amplificar la señal producida por el cristal. No obstante, esa misión es indispensable, de modo que cabe perfectamente el estudio de este tema en un libro que trata sobre válvulas y sus circuitos de aplicación.

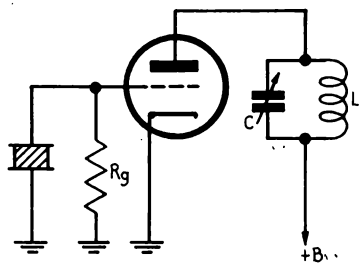


Fig. 109.- Circuito básico del oscilador a cristal del tipo clásico.

Osciladores de audio

Hasta aquí hemos hablado de generar señales y no hicimos referencia concreta a las frecuencias de esas señales en cifras. Pero en los circuitos aparecían bobinas sin núcleo, es decir que todos esos circuitos eran para altas frecuencias, o sea radiofrecuencias. En señales de audiofrecuencia las bobinas que se usan tienen núcleos de hierro y entonces los circuitos de osciladores presentan una diferencia con respecto a los anteriores.

Veamos por ejemplo el circuito de un oscilador de audio que puede ser comparado con el de R.F. de la figura 100 y que era el circuito básico para las explicaciones. Es el que nos muestra la figura 111 y es muy parecido al otro salvo en que las bobinas están representadas por un transformador con sus dos bobinas. El bobinado de grilla lleva derivado el capacitor C para formar el conjunto

oscilante y el bobinado de placa queda en serie con la alimentación de la misma y está fuertemente acoplado al bobinado de grilla.

Un detalle que diferencia a los osciladores de audio de los de R.F. es que en estos últimos es

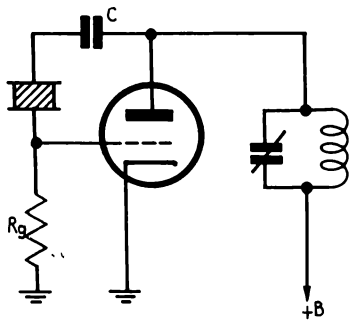


Fig. 110.- Circuito del oscilador a cristal tipo Pierce.

muy fácil producir variaciones de frecuencia en la señal pero en los de audio eso no es tan fácil. En

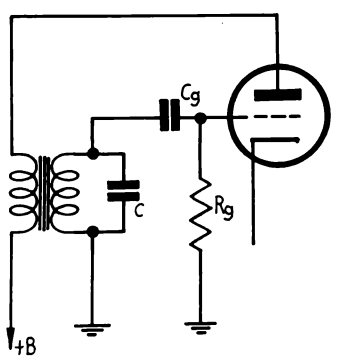


Fig. 111.- Esquema básico de un oscilador de audiofrecuencia sintonizado.

efecto, si recordamos que la frecuencia de la señal depende en forma inversa de la capacidad del capacitor, para las frecuencias bajas de audio harán falta capacitores de alta capacidad y entonces no se pueden construir capacitores variables de esos valores, por la simple razón que para alta capacidad se emplean capacitores de papel arrollado con dieléctrico sólido o capacitores electrolíticos. Entonces, cuando se quieren hacer osciladores de audio de frecuencia variable se recurre a otros montajes que escapan al básico y que pueden ser estudiados en libros que traten el tema ("Aprenda instrumental en 15 días").

Hay otro tipo de osciladores de audio que presentan la particularidad de que tienen el transformador de realimentación, pero la frecuencia de las oscilaciones está comandada por pulsos de control

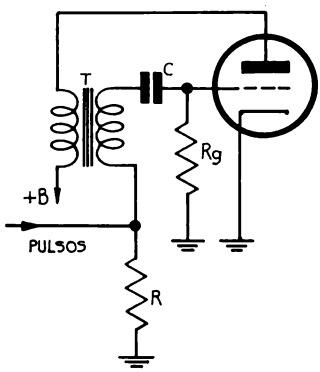


Fig. 112.- Circuito de un oscilador de audio del tipo de autobloqueo, con aplicación de impulsos de control.

que proceden de otra parte. La figura 112 nos muestra un oscilador de este tipo, que toma el nombre de *autobloqueo*. Se utiliza en los circuitos de barrido vertical de los televisores, donde se necesita una señal de 50 ciclos por segundo, pero el control de la frecuencia producida se hace por medio de pulsos que se toman de la misma señal emitida por la emisora. Estos pulsos bloquean y desbloquean la grilla de la válvula a intervalos rigurosamente exactos que corresponden a la frecuencia señalada. Entonces el oscilador en si es un circuito realimentado con control externo de frecuencia. Aclaramos que no todos los televisores emplean este sistema pues muchos han optado por los multivibradores.

Día 9

Ya hemos aprendido cómo se hace para rectificar una corriente mediante una válvula, cómo se amplifica una señal y cómo se mantiene una oscilación también con una válvula. Pero hay otras funciones que la misma puede desempeñar, y entre ellas trataremos en esta jornada dos importantes, que son las que han posibilitado las comunicaciones entre puntos distantes. En efecto, la radio, la televisión, la telefonía internacional, han sido posibles gracias a un tratamiento especial que se le da a una onda viajera que lleva consigo cierta información. Ese tratamiento se realiza en dos etapas; la primera consiste en inyectarle la información mediante un proceso que se llama modulación y la segunda en extraer esa información mediante otro proceso que es la detección. Ambas operaciones se realizan mediante válvulas y de esto nos ocuparemos en la jornada que abordaremos de inmediato. También aquí hay que hacer la aclaración de que puede considerarse que parte de esas funciones son auxiliares o complementarias, pero ya hemos acordado seguir en estas cosas la costumbre generalizada y considerar a la válvula como parte importante del proceso. Bien, comienza la tarea.

LA VALVULA MODULANDO Y DETECTANDO

Sabemos que las señales pueden convertirse en ondas y viajar por el espacio para transmitir información de un lugar a otro; desde un transmisor con su correspondiente antena se puede llegar a cualquier receptor colocado en un lugar distante. Pero esa onda que recibimos coresponde a una señal de R.F. generada por un oscilador que tiene que tener un tratamiento especial para que al recibirla podamos extraerle la señal del sonido que nos trae. Dicho en otras palabras, la señal de R.F. es una onda *portadora* que lleva consigo a las señales de audio que nos interesan; porque la palabra o la música que interesa transmitir la tenemos en forma de una señal de audio, y ésta no puede viajar por el espacio debido a tener frecuencia muy baja para ello.

Así surge la necesidad de que la señal portadora pueda llevar consigo a la señal de audio y, para eso, debemos inyectar la segunda en la primera. El proceso mediante el cual se logra tal cosa se llama *modulación*.

Tipos de modulación

Tenemos entonces una señal de R.F. a la cual debemos hacerle algo para que lleve consigo la onda de sonido; no podemos pensar en cosas raras como mezclar simplemente ambas señales ya que cualquiera sea el procedimiento, el mismo debe ser reversible, o sea que podamos extraer esa onda de sonido en el receptor. Hay tres formas de realizar el proceso, todas ellas consistentes en alterar una de las características constantes de la señal de R.F. Debemos entonces aclarar cuáles son esas constantes.

Una señal tiene una cierta frecuencia, que es una constante; tiene una cierta amplitud, que es otra constante; y tiene una cierta fase, que es la tercer constante. La modulación consiste en alterar una de esas tres cosas de tal modo que esa alteración pueda ser captada nuevamente. De paso diremos que en la práctica se usan las dos primeras alteraciones, o sea la modulación de amplitud y la modulación de frecuencia.

Sentemos el principio de que la modulación de amplitud consiste en alterar la amplitud de la señal portadora de tal manera que esas alteraciones correspondan a las características de la onda de sonido. Consecuentemente, la modulación de frecuencia consiste en alterar la frecuencia de la portadora de tal manera que las variaciones correspondan a las modalidades de la onda de sonido.

MODULACION DE AMPLITUD

Comencemos por la modulación más difundida, que es la de amplitud, y observemos la figura 113 que muestra una señal de R.F. que ha sufrido una

curiosa alteración: su amplitud, que era constante, se altera siguiendo una forma senoidal. No hay una segunda onda, pero las crestas de las senoides de R.F. no están ahora alineadas en una recta horizontal sino que tienen alturas variables que permiten dibujar, siguiéndolas, otra senoide de menor frecuencia; precisamente esta segunda senoide es la señal de audio con la que estamos modulando a la señal de R.F.

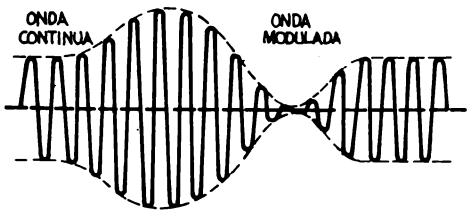


Fig. 113.- Principio mediante el cual se logra la modulación de amplitud.

Cuando esta señal de R.F. modulada en amplitud llega al receptor, por un proceso que explicaremos más adelante se extrae esa variación de crestas y se recupera la onda de audio, la cual será enviada al parlante del receptor.

Modulación por absorción

Veremos ahora los sistemas más conocidos para realizar la modulación de amplitud. El más primitivo y que, si bien no se emplea, permite una rápida comprensión del método, es el de absorción. La figura 114 muestra el circuito básico con la válvula final de R.F. del transmisor que será a su vez la que juegue en el proceso de la modulación. A la grilla de esta válvula llega la señal de R.F. proveniente del oscilador y en la placa tenemos el circuito sintonizado LC que nos es conocido. Hasta aquí no hay novedad, salvo que hay una bobina L2 que es la encargada de captar por inducción la señal de R.F. desde L para enviarla a la antena de emisión.

Pero hay allí acoplada a L otra bobina L1 que tiene conectado un micrófono del tipo de granos de carbón como el que tienen los aparatos telefónicos domiciliarios. Estos micrófonos presentan la propiedad de que la resistencia de los granos de carbón varía siguiendo la onda de sonido que presiona sobre la placa frontal del micrófono; luego, esa resistencia tendrá variaciones senoidales. Pero ese micrófono actúa también como carga sobre el secundario de un transformador (recordar figura 83) y por ende producirá variaciones en la corriente de placa de la bobina primaria L; tales variaciones no son otra cosa que variaciones de amplitud, o sea que se producirá el fenómeno ilustrado en la figura 113. Tenemos ya la modulación de amplitud.

El sistema no es recomendable por muchas razones; la primera es que no se pueden manejar potencias grandes, ya que el micrófono no puede resistir corrientes fuertes. Otra razón es que no se puede modular muy profundamente a la señal portadora, es decir que no se alcanza la configuración de la figura 113 sino solamente se obtienen variaciones de amplitud más reducidas. Pero esto nos ha servido para explicar el proceso de modular en amplitud.

Modulación en grilla

Pasemos ahora a otro circuito que es un poco mas real y que mostramos en la figura 115. Se

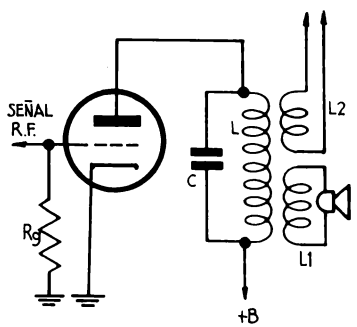


Fig. 114.- Esquema básico de la modulación de amplitud por absorción.

trata de intercalar en el circuito de grilla de la válvula amplificadora final de R.F. un transformador, a cuyo primario se aplica la señal de audio. Observemos lo que ocurre.

Si no estuviera el transformador T o si el mismo no recibe ninguna señal en su bobinado primario

de modo que la A.F . no existe, la etapa amplificadora funciona normalmente. En la grilla de la válvula tenemos la señal de R.F. proveniente del oscilador y en la placa el circuito sintonizado LC. La corriente de placa sufre las variaciones que le impone la señal de grilla y será entonces una señal de R.F. de amplitud y frecuencia constante.

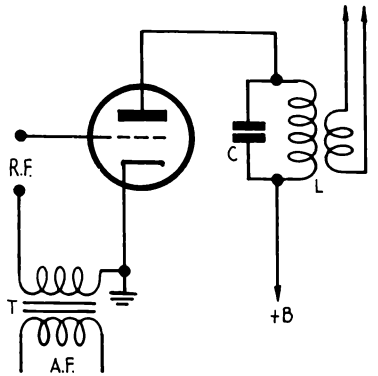


Fig. 115.- Esquema básico de la modulación de amplitud aplicada en grilla.

Pero si aparece una señal de audio (A.F.) en el primario de T, se inducirán tensiones en el secundario que quedan en serie con la señal de R.F. de grilla. La grilla ya no tendrá una señal de amplitud fija, sino que al sumarse en cada instante la R.F. y la A.F. la amplitud seguirá variaciones como las mostradas en la figura 113 y esas mismas variaciones ocurrirán en la corriente de placa. Entonces, la bobina de toma acoplada a L recibirá, por inducción, una señal cuya amplitud responde a una onda modulada.

La modulación en grilla se emplea unicamente cuando la característica grilla-placa de la válvula es muy recta, porque en caso contrario la forma de las variaciones de amplitud de la portadora son diferentes en grilla y en placa, lo que se traduce en deformación de la onda de audio. En transmisores de gran potencia, donde se usan válvulas especiales, es posible su empleo, pero en equipos de potencia reducida, para los que se colocan pentodos y no triodos, este tipo de modulación no es recomendable.

Modulación en placa

Pasemos ahora al tipo de modulación de amplitud clásico en equipos transmisores de baja potencia, y que mostramos en la figura 116. Se trata de la modulación en placa y parte del esquema ya nos es conocido. En efecto, la válvula V1 es la amplificadora de R.F. que recibe en grilla la señal de R.F. que proviene del oscilador, señal que producirá en la corriente de placa variaciones tales que tendremos una corriente de R.F. de amplitud y frecuencia constantes.

Pero en el circuito notamos una cosa que es nueva: la alimentación de placa de V1 desde el +B tiene intercalado un transformador T que aparece como el transformador de salida de una amplificadora de audio V2. Esta válvula recibe en su grilla

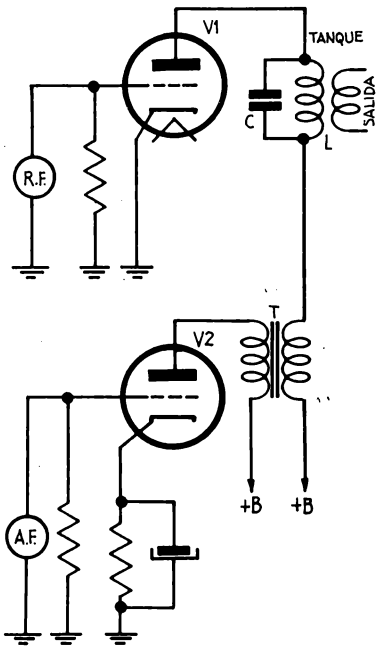


Fig. 116.- Circuito de la modulación de amplitud aplicada a la placa.

la señal de audio A.F. que viene del micrófono o del preamplificador microfónico. ¿Qué pasa si la corriente continua de placa está pasando por el secundario de T, donde habrá una tensión de audio? Veamos.

La tensión de audio presente en el secundario de T tiene amplitud variable y además es alterna, o

sea que tendrá valores positivos y negativos, rítmicamente. En consecuencia, la amplitud de la señal de R.F. sufrirá la acción de esa señal alterna superpuesta y se producirán variaciones de amplitud según lo que vimos en la figura 113. Claro, en realidad, en cada instante la corriente alterna en placa sufrirá los efectos de la señal en grilla y las variaciones impuestas por la tensión alterna en T, y los ciclos no podrán ya tener todos la misma amplitud, pues en un momento dado la tensión de T se suma y en otro momento se resta. Si la amplitud de la tensión alterna en el secundario de T es igual a la tensión alterna de R.F., se producirá la modulación total o del 100% de la onda, tal como lo representa la figura 113.

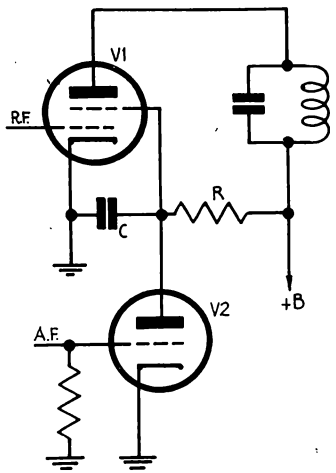


Fig. 117.- Aplicación a la pantalla de la modulación de amplitud.

Modulación en pantalla

La última frase nos dice que la modulación en placa requerirá un modulador de alta potencia, es decir que el amplificador que termina en el transformador T tendrá una potencia casi tan grande como la que maneja la sección de R.F. del transmisor. Este detalle ha hecho que se busquen sistemas más económicos de modulación y la modulación en pantalla es uno de ellos.

Como su nombre lo indica, este tipo de modulación se aplica a la pantalla de la válvula final de R.F., la cual, por ende, tiene que ser un pentodo. Uno de los esquemas utilizados se ve en la figura 117. Aquí V1 es la válvula amplificadora de R.F. y V2 es la moduladora propiamente dicha. La pantalla de V1 tiene su resistor reductor de tensión R para darle la polarización adecuada, según lo vimos en la figura 73 donde se explicó la misión de C.

Pero por ese resistor R, además de pasar la corriente de pantalla, pasa también la corriente de placa de V2. Y ocurre que la corriente de V2 sufre variaciones según la señal de audio (A.F.) aplicada a su grilla. Entonces, la corriente que pasa por R tiene una parte continua o fija y otra parte que tiene variaciones que siguen la A.F. Luego, la tensión de pantalla de V1 no será fija o constante, sino que tendrá variaciones y como si varía la tensión de pantalla en un pentodo varía proporcionalmente la corriente de placa, ocurre que la corriente de placa de V1 tendrá en su amplitud variaciones que siguen la señal de audio; otra vez se produce lo que vimos en la figura 113, aunque no con tanta profundidad.

El inconveniente de este sistema es que se reduce el rendimiento de la válvula V1 y la ventaja es que la potencia del modulador es mucho menor. La elección responde entonces a un estudio económico y no corresponde hacerla aquí.

MODULACION DE FRECUENCIA

La modulación de amplitud consistía en alterar la amplitud de la señal de R.F. o portadora; en cambio, la modulación en frecuencia consiste en dejar constante esa amplitud y alterar la frecuencia de esa portadora, tal como lo muestra la figura 118. Los ciclos de R.F. son más cortos o más largos según lo imponga la onda de audio con la que modulamos. La disminución o el aumento de la frecuencia de la portadora es proporcional a la amplitud de la onda de audio. La duración de la alteración de la frecuencia de la portadora depende de la frecuencia de la onda de audio; por ejemplo, si la onda de audio corresponde a una nota de 100 ciclos por segundo, ese ciclo de audio dura 0,01 de segundo y este es el tiempo de duración de la alteración de la frecuencia de la portadora de R.F.

Ahora tenemos que ver cómo se hace para modular en frecuencia una portadora o señal de R.F., para lo cual explicaremos el circuito de la figura 119 que tiene esa misión. Vemos allí cosas poco conocidas, como la válvula V1 que está acoplada a un circuito sintonizado LC que pertenece a un oscilador de R.F. integrado con la válvula V2. Esta válvula se llama de *reactancia* por su comportamiento, el cual veremos de inmediato. En el circuito de grilla de V1 se recibe la señal de audio

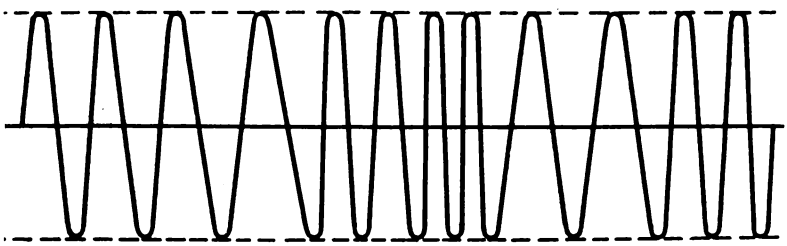


Fig. 118.- Principio mediante el cual se logra la modulación de frecuencia.

pero hay también un juego R1 y C1 que alteran el funcionamiento del conjunto. La alimentación +B se aplica a la placa a través del circuito sintonizado LC.

Hagamos el siguiente análisis: la corriente de placa es directamente proporcional a la tensión de grilla y está en fase con ella. Ahora bien, la tensión alterna de placa resulta aplicada a la serie formada por C1, R1 y C2 y de esa serie, aplicamos a la grilla la correspondiente a la porción R1 y C2; descartemos a C2 que es de impedancia baja para la R.F. y entonces las dos partes de la tensión R1C1 estarán defasadas en un cuarto de ciclo, por ser una capacidad en serie con una resistencia, según lo enseñan las leyes de la corriente alterna. Luego, la tensión de grilla quedará defasada de un cuarto de ciclo con respecto a la tensión de placa. En consecuencia, la corriente de placa, en fase con la tensión de grilla, está defasada en un cuarto de ciclo con respecto a la tensión de placa y esto equivale a decir que la válvula V1 se comporta como un capacitor. Dicho más directamente, hemos conectado sobre el circuito LC un elemento, la válvula V1, que equivale a un capacitor, el cual alterará la frecuencia de la señal. Veamos cómo la alterará.

La tensión en grilla no es constante, sino que sigue las variaciones de la señal de audio; luego, la corriente de placa también seguirá esas variaciones.

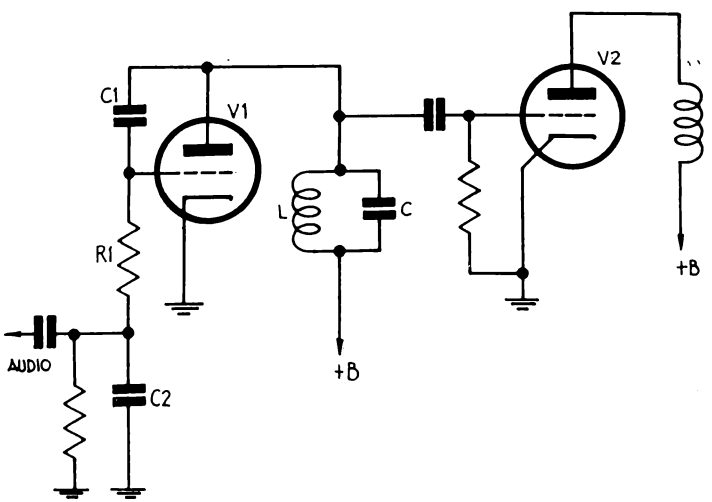


Fig. 119.- Forma de producir modulación de frecuencia en el circuito oscilador LC.

En consecuencia, el capacitor a que equivale V1, tiene valores variables con la amplitud de la señal de audio y esto no es otra cosa que haber producido la modulación de frecuencia que hemos definido antes.

Volvamos a la figura 119. La válvula V2 que es la osciladora, genera una portadora mediante su circuito sintonizado LC; pero la frecuencia de esa portadora es modificada al ritmo de la señal de ^co. Luego, en la placa de V2 tomaremos la

Fig. 120.- Forma de lograr la detección de ondas moduladas en amplitud.

señal de R.F. modulada en frecuencia y la llevaremos a la amplificadora de potencia del transmisor. Ya tenemos entonces lo que necesitábamos y comprendemos el nombre de válvula de reactancia que se da a V1, porque equivale a un capacitor el cual presenta siempre una impedancia que se llama particularmente reactancia capacitiva.

DETECCION

Hemos dicho al principio de este capítulo que para poder disponer del sonido producido en la planta de transmisión en el lugar donde tenemos el receptor, había que inyectar a la onda portadora del transmisor la onda de sonido, pero después, en el receptor, había que extraer esa onda nuevamente. Entonces habrá que realizar un proceso inverso al de la modulación, que se llama *detección*. También habrá sistemas de detección diferentes para ondas moduladas en amplitud y moduladas en frecuencia.

Tendremos entonces que el proceso de detección consiste en extraer de la portadora modulada la señal de audio que sirvió para producir esa modulación. Todos los receptores, sean de radio o de televisión, tendrán por lo menos un detector, ya que en televisión se usan dos portadoras, una para la imagen y otra para el sonido y tendremos en consecuencia dos detectores. Desde ya anticipamos que en televisión uno de los detectores es para modulación de amplitud y el otro para modulación de frecuencia. Pero esto no es tema para esta oportunidad.

Si tenemos una onda modulada, la simple observación del proceso que se usó para producir esa modulación nos indica el camino para conseguir la detección, también llamada *demodulación*. Veamos los sistemas empleados según los dos tipos de modulación conocidos.

Detección de amplitud

Recordemos la forma de la onda de R.F. modulada en amplitud que teníamos en la figura 113. Tenemos que extraer las variaciones de sus crestas y veamos qué ocurre si cortamos la onda por la mitad, tal como se ve en la figura 120. Nos quedan solamente medios ciclos de R.F., pero ahora recordemos la figura 19, donde un capacitor se encargaba de producir continuidad en la curva resultante de una rectificación.

Claro, dijimos que cortábamos la mitad de la onda modulada y eso equivale a decir que aplicábamos un rectificador de media onda. Ese rectificador aparece en la figura 121. El conjunto LC es un circuito sintonizado que recibe de las etapas previas la señal de R.F. modulada. La válvula V es un diodo que se encarga de rectificarla para obtener la onda de la figura 120. El capacitor C1 tiene

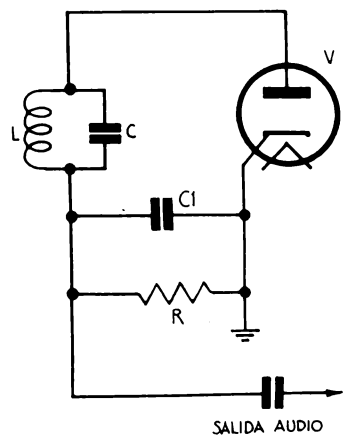


Fig. 121.- Circuito de un detector de amplitud con válvula diodo.

la misión del capacitor de la figura 19 y entonces, si integramos los medios ciclos que tenemos, se formará la onda de audio que aparece punteada en la figura 120. Luego, entre extremos del resistor R tendremos la señal de audio, lista para llevarla al parlante o al amplificador de audio. Este resistor se llama *carga del diodo*.

Ya tenemos la detección realizada mediante un procedimiento muy simple. Debemos aclarar que los circuitos prácticos tienen a veces algunos agregados. Por ejemplo, el proceso de la detección que hemos explicado nos dice que mediante el capacitor C1 integramos los picos de R.F. de los medios ciclos resultantes de la rectificación; pero queda un saldo de señal de R.F. que el mismo capacitor C1 se encarga de filtrar. Sin embargo, en los circuitos reales se agrega un filtro formado por un resistor, insertado entre la conexión de C1 y R y un segundo capacitor a la salida de ese resistor. Este filtro tiene el aspecto del que vimos en la figura 20, formado por una bobina y dos capacitores, salvo que en lugar de la bobina va un resistor.

La válvula V en la práctica rara vez es una válvula separada; la mayoría de las veces es un diodo contenido dentro de la ampolla de otra válvula. Casi siempre la preamplificadora de audio, sea triodo o pentodo, tiene una o dos plaquitas adicionales dentro de la ampolla, que en combinación con el cátodo forman un diodo que hace las funciones de detector, según lo que se explicó en la figura 121; pero este detalle no cambia las cosas y solo sirve para corroborar que el detector de amplitud es un elemento por demás simple en los circuitos de receptores.

Detección de frecuencia

Ahora veamos cómo es el procedimiento para extraer la onda de audio a una señal de R.F. que está modulada en frecuencia. Desde ya advertimos que en este caso el detector toma el nombre de *discriminador*, para no ser confundido con el simple detector antes descripto.

Para explicar el funcionamiento del discriminador tenemos que observar las figuras 122, que da el circuito del mismo y 123 que da el gráfico de funcionamiento. A la entrada tenemos un transformador de R.F. cuyo primario recibe de las etapas previas la señal modulada en frecuencia. Ese primario está sintonizado a una frecuencia f que es la central de la portadora, o sea la frecuencia que tendría esa señal si no fuera modulada. El secundario de ese transformador tiene dos mitades, cada una de las cuales está sintonizada mediante sendos capacitores a dos frecuencias diferentes. La mitad superior está sintonizada a una frecuencia (f+d) y la inferior a otra (f−d), siendo la cifra d una cierta

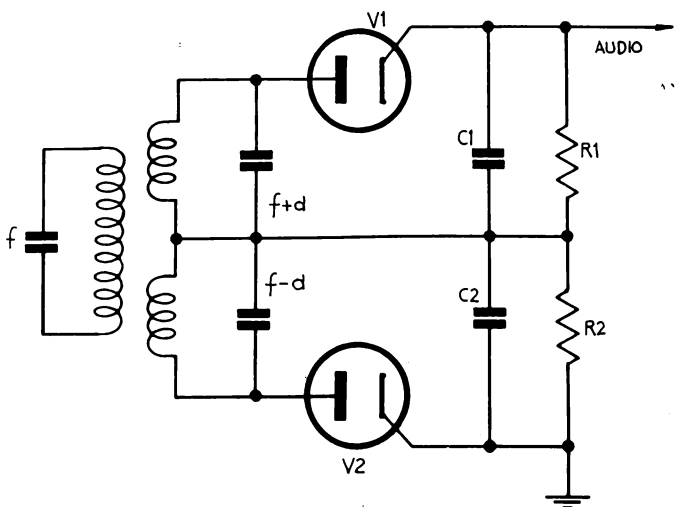


Fig. 122.- Circuito de un discriminador para detectar ondas moduladas en frecuencia.

cantidad de Kilociclos por segundo que se elige adecuadamente. En la figura 123, que es un gráfico tensión-frecuencia se han marcado en el eje horizontal las dos frecuencias de sintonía de esas dos mitades del secundario, y en el centro del eje está el punto correspondiente a la frecuencia central f.

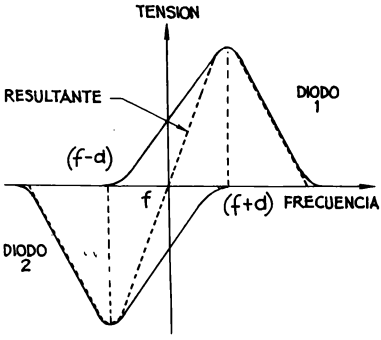


Fig. 123.- Gráfico de funcionamiento del discriminador de la figura 122.

Al llegar al primario una señal modulada en frecuencia, tendremos que la frecuencia de la misma aumentará y disminuirá siguiendo el ritmo de la modulación. Cuando, al aumentar, alcance la cifra (f+d) será máxima la tensión aplicada al diodo V1 y mínima al V2 y cuando la frecuencia disminuye hasta el valor (f-d), será máxima la tensión en V2 y mínima en V1. Luego, las tensiones aplicadas a los diodos se representan con las curvas del gráfico de la figura 123.

Pero los dos diodos están en oposición y sus resistores de carga están en serie; luego, la tensión entre los extremos de R1 y R2 es la suma en cada instante de las tensiones de las dos curvas de V1 y V2, o sea la curva punteada que indicamos como resultante. Esta curva da valores de tensión que son proporcionales a los apartamientos de frecuencia de la portadora, y por ende esa curva representa a la señal de audio con que se hizo la modulación. En consecuencia, entre extremos de la serie R1R2 tenemos la tensión de audio original. Los capacitores C1 y C2 actúan como filtros para la señal de R.F. remanente.

Comparación entre los sistemas

Ahora corresponde que hagamos una consideración acerca de los dos sistemas de modulación que empleamos, ya que debe haber diferencias prácticas entre ellos. El sistema de modulación de amplitud tiene la ventaja de su sencillez, pero tiene dos grandes inconvenientes; veamos.

Los ruidos que se captan en la atmósfera y en la zona donde se halla la antena receptora, alteran la amplitud de la portadora, y por lo tanto producen una segunda modulación de amplitud en la misma. En el receptor, después de la detección, aparecen los ruidos en la señal de audio y van al parlante. Todos los sistemas ideados para suprimir esos ruidos tienen una eficacia muy relativa.

Las señales moduladas en frecuencia tienen amplitud constante, luego, si los ruidos producen en ella variaciones de amplitud podemos aplicar circuitos que eliminen las variaciones de amplitud y habremos eliminado los ruidos. Esos circuitos son simples, y alguno de ellos será estudiado en el próximo capítulo. Una vez que restituimos a la onda modulada en frecuencia su amplitud fija, no tendremos ruidos en el parlante. Esta ventaja de la modulación de frecuencia es muy apreciada.

Veamos ahora otra ventaja. La modulación de amplitud produce una señal de frecuencia constante y amplitud variable, tal como se explicó. Pero, por un fenómeno que resulta del comportamiento de los circuitos sintonizados a frecuencia fija, la señal modulada en amplitud hace bajar el rendimiento en esos circuitos a medida que la frecuencia de audio es más alta; tal pasa como si a ambos lados de la portadora aparecieran otras dos frecuencias que se apartan de ella tanto más cuanto mayor sea la frecuencia de la señal modulante. Se habla de un canal pasante que ocupa un ancho en frecuencia y se habla también de bandas laterales, que son las franjas contiguas a ambos lados de la portadora. Lógicamente, en la práctica, el ancho de esos canales ha debido limitarse para evitar la interferencia entre señales de estaciones vecinas en frecuencia portadora.

En modulación de frecuencia también aparecen los canales, pero se usan portadoras de frecuencias mucho mayores y entonces los canales pueden tener mucho mayor ancho. Por ejemplo, los canales para ondas moduladas en amplitud trabajan con portadoras comprendidas entre 500 y 1.500 Kc/s en nuestro medio y en cambio, los canales para ondas moduladas en frecuencia trabajan con portadoras comprendidas entre 87 y 108 Mc/s. Se comprende que en las primeras los canales ocupen un ancho de 10 Kc/s y en las segundas ocupen centenares de Kilociclos. Como el ancho de los canales está ligado a las frecuencias de audio más altas a reproducir, surge de inmediato que en F.M. se pueda obtener mayor calidad de sonido que en A.M.

La tendencia moderna es entonces usar cada vez más las ondas moduladas en frecuencia, si bien la zona cubierta por esas emisiones resulte mucho más limitada que con la modulación de amplitud en virtud de las frecuencias de las portadoras. Pero como con las señales de televisión ocurre esa misma limitación del área servida, los radioescuchas se han ido acostumbrando al detalle.

Día 10

Ahora entramos en la jornada que marca el fin de la segunda etapa de la tarea propuesta, etapa que se dedicó a estudiar las funciones de las válvulas, incluyendo los circuitos que la alimentan para que esas funciones puedan ser cumplidas. En esta última parte de ese grupo de temas trataremos otras funciones que pueden realizar las válvulas electrónicas y sobre ello debemos hacer la advertencia de que se trata de un capítulo que siempre quedará incompleto, pues constantemente aparecen nuevas aplicaciones que, por lógica, no están mencionadas. De todos las misiones posibles fuera de las ya tratadas, hay unas cuantas que son importantes y que pueden agruparse en un título general como el que adoptamos para esta oportunidad; son las funciones de control que se logran mediante circuitos especiales que requieren válvulas. Dicho de otra manera, una válvula debe lograr que se mantenga fija una característica determinada, como ser una frecuencia, un nivel de señal, etcétera. Las razones para que se quiera mantener esa condición deben ser estudiadas en los libros que se ocupan de los equipos electrónicos de los cuales los circuitos propuestos forman parte. Para nosotros lo importante es la válvula y lo que ella hace. Veamos cómo lo hace.

LA VALVULA EN CIRCUITOS DE CONTROL

Las funciones más comunes de las válvulas eran hace algunos años las que se han descripto en los capítulos anteriores, pero la electrónica progresó y surgieron nuevas necesidades. Los técnicos pronto encontraron nuevas aplicaciones para las válvulas y prácticamente, surgido el problema, una válvula lo solucionó. Inclusive fue necesario diseñar nuevas válvulas para responder a tales soluciones.

Sería imposible describir todas las funciones y aplicaciones de las válvulas, porque continuamente aparecen nuevas, pero hacemos una selección de aplicaciones interesantes con ejemplos reales. Esa serie de ejemplos no puede considerarse completa, pero sí ilustrativa.

Reguladoras de corriente

Las reguladoras de corriente no pueden considerarse válvulas en el sentido constructivo y funcional, pero son bulbos con patas que se conectan igual que si fueran válvulas. Dentro de la ampolla hay un resistor hecho de material especial que presenta un cambio de resistencia con las variaciones de temperatura que ocasiona el pasaje de la corriente eléctrica.

Supongamos que conectamos una reguladora en la forma como lo muestra la figura 124, en la que V es tal lámpara. La carga está representada por un resistor que conectado allí consume la misma intensidad de corriente que el circuito real. Veamos el comportamiento.

Si la corriente del circuito aumenta, la resistencia de V aumenta por efecto térmico y eso produce una disminución de la corriente; viceversa, si la corriente en el circuito disminuye, V se enfría y reduce su resistencia, con lo que habrá menor

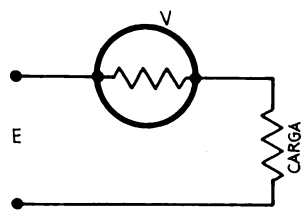


Fig. 124.- Esquema sintético de aplicación de una válvula reguladora de corriente.

caída de tensión en ella y se compensará la reducción de la corriente en el circuito.

Es interesante ver en un gráfico la eficacia de estas reguladoras y en la figura 125 mostramos la

curva de trabajo de una que está diseñada para mantener una corriente de 200 miliamper. Como puede verse, mientras la tensión en la línea varíe entre 100 y 200 volt., la corriente en el circuito se mantendrá en los 200 mA prefijados. Esta reguladora puede ser una Phlilips tipos C2 a C12. Otras son para distintas corrientes o para distintos rangos de variación de tensión.

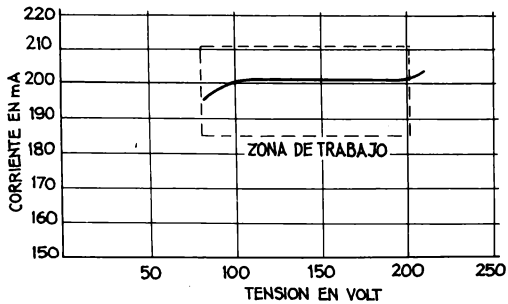


Fig. 125.- Gráfico de las características de trabajo de una válvula reguladora de corriente.

Reguladoras de tensión

Cuando se quiere mantener estable la tensión en una parte de un circuito se recurre a una suerte de válvula especial que es un diodo gaseoso que no tiene electrodo de cebado (figura 55) pues esa operación se cumple al tener aplicada la tensión mínima indicada por la fábrica. Veamos el funcionamiento de esta válvula especial en la figura 126, que muestra la curva de trabajo. Nos ayudaremos con el esquema de aplicación que se muestra en la figura 127.

Se ha tomado como ejemplo la válvula VR150 de la R.C.A. o su versión moderna, denominada OD3. La tensión de arranque o cebado es de 180 volt. Al ocurrir la ionización interna, la tensión entre placa y cátodo baja a 150 volt y la corriente variará entre 5 y 40 miliamper, según se altere la tensión aplicada. Cuando la tensión E aplicada al circuito aumenta, aumentará el consumo de la VR y con ello se producirá una caída adicional de tensión en el resistor R, con lo que la tensión en la carga no se alterará; viceversa, cuando la tensión E disminuye se reduce el consumo de la VR y baja la caída de tensión en R, manteniéndose constante la tensión en la carga.

El gráfico de la figura 126 es suficientemente demostrativo de la constancia de tensión que produce esta válvula en el circuito de carga. Hay reguladoras para 75 volt. Para regular tensiones mayores se acude a conectar dos o más reguladoras en serie.

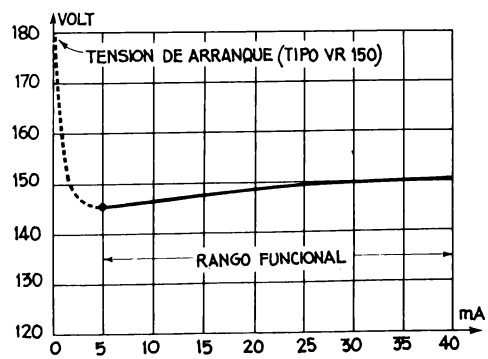


Fig. 126.- Gráfico de las características de trabajo de una válvula reguladora de tensión.

Regulación con válvulas comunes

Con un pentodo común de potencia puede producirse una estabilización de tensión, con la ventaja de que graduamos el efecto y la tensión regu-

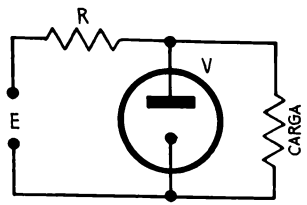


Fig. 127.- Esquema sintético de conexiones de una reguladora de tensión.

lada a voluntad. Veamos el montaje necesario para conseguir ese objetivo, el cual se muestra en la figura 128. La válvula que actuará como reguladora es V y queda derivada sobre la carga; la tensión aplicada es E y queremos que la tensión sobre la carga se mantenga constante pese a las variaciones de consumo. Hay un resistor intercalado R, que puede ser la impedancia de filtro del rectificador o un resistor colocado ex profeso. En serie con el consumo hay un potenciómetro para polarizar la grilla de la válvula de control. Cuando aumenta la corriente en la carga la grilla tiene una tensión más negativa que hace disminuir la corriente de placa o sea aumentar la resistencia interna de la válvula; esto provoca una disminución del drenaje de corriente a través de V y con ello una menor caída de tensión en R, con lo que la tensión sobre la carga tiende a aumentar y se compensa el efecto de la mayor corriente de consumo. Si la corriente en la carga disminuye, la polarización de grilla es menos negativa, aumenta la corriente de placa, aumenta la caída de tensión en R y la tensio en la carga tiende a disminuir, compensándose la elevación que ocurriría por disminuir el consumo.

Para poner en marcha el circuito se gradúa la tensión básica de grilla mediante el potenciómetro, lo que quedará indicado porque sobre la carga obra la tensión correcta. Claro que la válvula, su polarización básica y los valores de R y P deben ser dimensionados adecuadamente.

Conversora de frecuencia

Pasemos ahora a otra función de control realizada por una válvula electrónica y que se ha popularizado mucho por utilizarse en la casi totalidad de los receptores de radio. Nos referimos a la función que ha dado el nombre de superheterodinos a los receptores construidos a partir del año 1935 en que fue diseñado el sistema.

Básicamente, se trata de poder utilizar amplificadoras de R.F. que se acoplen entre si mediante circuitos sintonizados en grilla y en placa, para aumentar la selectividad o sea la habilidad para seleccionar la señal de una frecuencia dada entre todas las demás captadas por la antena. En la figura 96 vimos este tipo de acoplamiento entre etapas amplificadoras. Pero, cuando se debe sintonizar distintas estaciones, habría que cambiar la frecuencia de resonancia en todos los circuitos sintonizados de grilla y de placa del amplificador y eso resulta complicado.

Así surgió la idea de hacer amplificadores a frecuencia fija, para lo cual se conecta un oscilador que produzca una señal cuya frecuencia se vaya acomodando de tal modo que la diferencia entre ella y de la señal captada y elegida en la antena sea una cantidad fija. La figura 129 muestra el montaje y hay dos circuitos sintonizados: L1C1 y L2C2. Si queremos variar la sintonía en ambos circuitos, los capacitores que los integran deben ser solidarios o sea en tandem. L1C1 forman parte del circuito de antena y L2C2 integran el oscilador local.

Si se mezclan dos señales de R.F. de frecuencias diferentes el resultado de esta mezcla que se llama *batido* o *heterodinaje* es una nueva señal de R.F. cuya frecuencia es la diferencia entre las frecuencias de ambas señales. Y eso era lo que habíamos anticipado; si vamos cambiando la frecuencia del oscilador de tal modo que se mantenga siempre

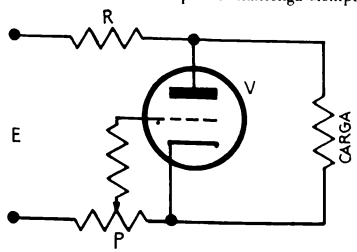


Fig. 128.- Forma de lograr la regulación de tensión mediante un triodo.

por encima de la frecuencia de la señal de antena en una cantidad fija, el resultado de la resta será una cifra constante. Enviando esa resultante a un amplificador doble sintonizado obtendremos un receptor de alta selectividad.

Ahora veamos la función de la válvula V. Por lo pronto, es una amplificadora de R.F. que recibe señal captada de la antena. Luego, es una osciladora para lo cual funciona con el cátodo y la primer grilla en combinación con el circuito L2C2. Pero la grilla osciladora y la grilla que recibe la señal de antena están puestas en el camino del haz de electrones que va del cátodo a la placa, de manera que las variaciones que se producen en la densidad del haz se superponen. Dicho de otra manera, las dos señales se mezclan dentro de la válvula. Finalmente, en el circuito de placa tendremos la señal diferencia, señal que se llama *frecuencia intermedia* (F.I.).

conversora de la figura 129 debe considerarse entonces una versión moderna.

Limitadora de amplitud

Cuando hablamos de la modulación de frecuencia dijimos que para suprimir el efecto de los ruidos había que limitar la amplitud de la señal modulada, pues de esa manera, como los ruidos son señales que modulan en amplitud a la onda portadora, suprimiendo las variaciones de amplitud se eliminaban los ruidos. Ahora veremos cómo una válvula se puede comportar como limitadora de amplitud.

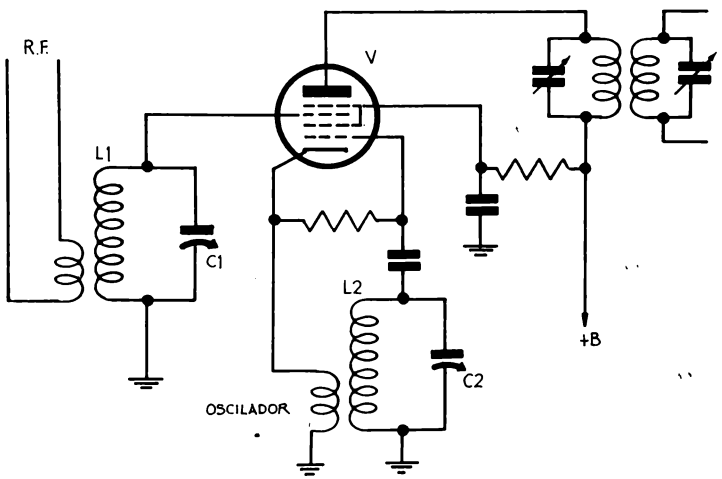


Fig. 129.- Circuito de aplicación de una válvula conversora de frecuencia.

La válvula V se llama conversora de frecuencia. La señal de placa, que es la F.I., se aplica a un transformador de acoplamiento doble sintonizado y de allí pasamos a las amplificadoras de frecuencia intermedia, que trabajan todas a la misma frecuencia; en la práctica hay una o dos etapas de F.I., excepcionalmente tres.

Cabe aclarar que primitivamente y en algunos casos actuales, se usaban dos válvulas para esta función conversora; una era la amplificadora de R.F. y la otra la osciladora. También se construyeron válvulas que tenían las dos unidades dentro de la misma ampolla, teniendo una conexión eléctrica entre sus grillas dentro de esa ampolla. La

El circuito de trabajo se muestra en la figura 130, donde la válvula V es un pentodo del tipo de corte neto, o sea de característica de grilla que tenga muy poca curvatura. A esta válvula se le aplica una tensión de placa muy baja, del orden de los 40 volt. La polarización de grilla se hace mediante el conjunto RC insertado en el retorno de la carga de grilla. Suponemos que las cargas de grilla y de placa son sintonizadas porque este limitador está aplicado a un amplificador de señal de R.F.

Ahora, con ayuda del gráfico de la figura 131 vamos a explicar la función limitadora. Al aplicar una señal al circuito de grilla las crestas positivas de la misma harán circular corriente de grilla, la

cual pasa por R y produce la polarización necesaria para ese electrodo. Pero el capacitor C se carga a través de la resistencia del espacio grilla-cátodo, que es baja, y se descarga a través de R, que tiene un valor de unos 200.000 ohm. Luego, por pequeña que sea la amplitud de la señal de grilla, se producirá una tensión de polarización alta. En la figura 131 vemos que el eje de polarización está bastante alejado. Pero la curva característica de grilla que usamos es la N° 3, porque hemos dado una tensión muy baja a la placa. Luego, cualquiera que sea la amplitud de la señal de grilla, la válvula solo trabajará en las zonas rayadas; estas zonas están limitadas, a la derecha, por la saturación de la válvula, y a la izquierda por llegar al estado de corte, ya que el punto A indica corte de la corriente de placa. La corriente de placa se mantendrá entonces con amplitud constante dada por OB.

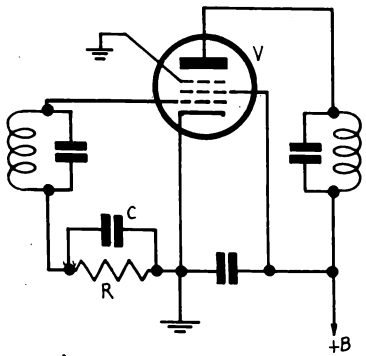


Fig. 130.- Circuito de conexiones de una válvula como limitadora de amplitud.

Resulta así que si la amplitud de la señal en grilla varía, la amplitud de la señal en placa se mantiene constante, con lo que se ha conseguido la acción limitadora de amplitud que se buscaba. La única condición para ello es que la amplitud en grilla no sea inferior a la magnitud OA, pero esto es un problema de ganancia del amplificador que no presenta problemas.

En todos los amplificadores de R.F. con modulación de frecuencia habrá entonces un limitador de amplitud con circuito similar al presentado en la figura 130. Los televisores, como tienen el canal de sonido con modulación de amplitud, no escapan a esta regla. Esto habla bien claro de la importancia de esta función de la válvula.

Control de carga y descarga de capacitores

Todos hemos oído hablar de las ondas "diente de sierra" sin las cuales no exsitiría la televisión. Sabemos también que se obtienen mediante cargas y descargas de capacitores, graduando la velocidad con que se realizan ambos procesos; este tema puede ser estudiado en cualquier libro sobre televisión, como el que integra esta misma colección.

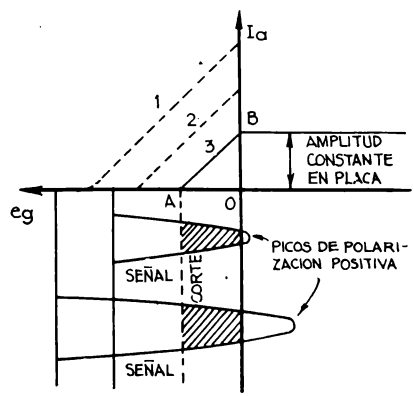


Fig. 131.- Forma en que se produce la limitación de amplitud de la señal.

Pero ahora debemos explicar de qué manera un válvula puede controlar el proceso de la carga y descarga de un capacitor, sea para producir ondas "diente de sierra" o para otras finalidades.

Veamos el circuito de la figura 132. Allí aparece una válvula en montaje normal, con la placa alimentada con la tensión +B y la grilla polarizada al corte con una alta tensión negativa –C. El capacitor C es el que queremos controlar, es decir que

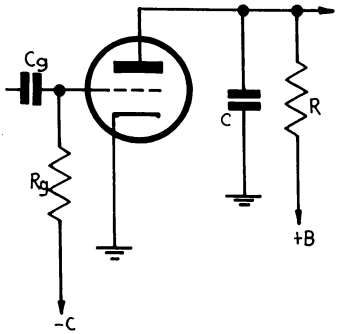


Fig. 132.- La válvula usada como control de la carga y descarga de un capacitor.

será el generador de ondas "diente de sierra", ya que hemos tomado este caso como ejemplo. El gráfico de funcionamiento se muestra en la figura 133.

Estando la válvula al corte de la corriente de placa por la alta polarización de grilla, nada molesta al capacitor C para que se cargue lentamente a través del resistor R. Decimos lentamente, porque la velocidad de carga depende del valor de la capacidad y de la resistencia intercalada. Puede obtenerse así que la duración de la carga sea el período OD; durante el mismo la tensión en los bornes del capacitor va creciendo según la recta OA, si bien sabemos que esa recta no es perfectamente recta, pero esto no hace a la cuestión.

Cuando se alcanza la carga máxima prevista, punto A, hacemos llegar a la grilla un impulso de tensión positiva, la cual resta polarización negativa a la válvula y permite circular corriente de placa; así el capacitor C encuentra su circuito de descarga, el cual está calculado para que esa descarga sea rápida, según el tiempo DB. La tensión entre extremos de C va disminuyendo rápidamente según la recta AB a medida que el capacitor se descarga a través de la resistencia interna de la válvula. Cuando el pulso de grilla desaparece, la válvula vuelve al corte, cesa la corriente de placa y la descarga de C ha terminado.

Este pulso que llega a la grilla es el llamado pulso de *sincronismo*. En televisión procede de la misma emisora, pues la señal de TV trae los pulsos de sincronización para controlar las ondas "diente de sierra" que en el receptor producen los dos barridos, vertical y horizontal, necesarios para formar las imágenes en la pantalla.

Control automático de frecuencia

Veamos ahora una función muy importante de una válvula, que es la de controlar la frecuencia de un oscilador actuando como válvula de reactancia, algo de lo cual ya fue explicado para la figura 119, pero que ahora tiene distinta finalidad. Nos referiremos al circuito de la figura 134 que nos muestra un oscilador formado por la válvula V1, que como vemos tiene montaje Hartley (figura 101); aquí no hay nada nuevo.

Pero la figura incluye la válvula V2, que aparece derivada sobre la bobina del oscildor. Esta válvula recibe en su grilla una tensión de control proveniente de otra parte del circuito, la que puede ser positiva o negativa. Veamos cómo trabaja esta válvula.

En serie con la alimentación de placa tenemos el resistor Ra que limita la corriente de placa al valor adecuado. En serie con la placa aparece un capacitor C1 y como la válvula tiene una resistencia interna, la serie formada por C1 y V2 se comporta como un capacitor en serie con un resistor. El efecto de C1 al estar derivado sobre la bobina L es sintonizarla, con lo que C1 intervendrá en la frecuencia resultante del oscilador. Pero C1 está en serie con una resistencia, que es la interna de V2 y

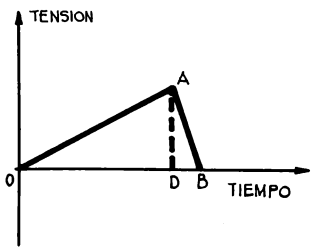


Fig. 133.- Forma en que se produce la onda "diente de sierra" en el circuito de la figura 132.

entonces el efecto de C1 dependerá del valor de esa resistencia.

Ahora bien, la resistencia interna de una válvula depende de la tensión de grilla, pues esta última es la que gobierna el valor de la corriente de placa.

Entonces, el conjunto C1V2 equivale a un capacitor variable y esto justifica el nombre de *válvula de reactancia* que se da a V2. ¿De qué manera variamos la resistencia interna de V2? Mediante diferentes tensiones en la grilla, y eso depende de las necesidades del circuito. Se necesita un montaje que haga que cuando la frecuencia tienda a aumentar, suministre una tensión tal que haga disminuir la frecuencia del oscilador y que cuando la frecuencia tienda a disminuir, la tensión de control la haga aumentar.

Veamos entonces las características que debe tener esa tensión de control. Cuando la frecuencia tiende a aumentar, es como si la capacidad del oscilador hubiera disminuido; luego necesitamos que la capacidad aumente y eso ocurre cuando la resistencia de la válvula disminuye. Para tal fin debemos reducir la tensión en grilla. Viceversa, cuando la frecuencia tienda a disminuir, es como si la capacidad aumentara; luego, debemos reducir el efecto de C1 y para ello aumentaremos la resistencia interna de la válvula. Esto se consigue aumentando la tensión negativa de grilla. En resumen, la tensión de control debe ser de tal tipo que sea más negativa cuando la frecuencia en el circuito tiende a disminuir y menos negativa cuando la frecuencia tiende a aumentar.

Eso es muy fácil, pues si colocamos en alguna parte una serie formada por un capacitor C, figura 135, y un resistor R1 y tomamos la tensión de control del punto de unión, o sea entre extremos de C, se producirá lo siguiente: cuando la frecuencia en el circuito tienda a disminuir, la impedancia de C tiende a aumentar; luego, tendremos mayor tensión en C y llevaremos a la grilla de V2 una tensión negativa más grande, que aumentará la resistencia interna de la válvula, dismunuyendo el efecto del capacitor, o sea reduciendo su valor y la frecuencia aumentará. Si la frecuencia en el circuito tiende a aumentar, la impedancia de C baja, hay menos tensión entre sus extremos y la tensión de control es menos negativa; la corriente de placa aumenta, la resistencia interna de la válvula disminuye, el efecto del capacitor se incrementa y se hace de más capacidad, con lo que la frecuencia se reduce. Se ha conseguido así una regulación automática de frecuencia. En la figura 135 se ha indicado una polaridad al conjunto, y sin embargo se habló de que ese circuito estaba afectado por la frecuencia. Esto nos dice que esa tensión de señal allí presente deberá ser rectificada para obtener una tensión continua, pero eso es tema que queda para los estudios especializados. Hemos presentado las bases del funcionamiento del control automático de frecuencia y las condiciones que debe cumplir el montaje de la válvula de reactancia que actúa en el mismo; lo demás queda para los libros que encaran los detalles prácticos, como podrían

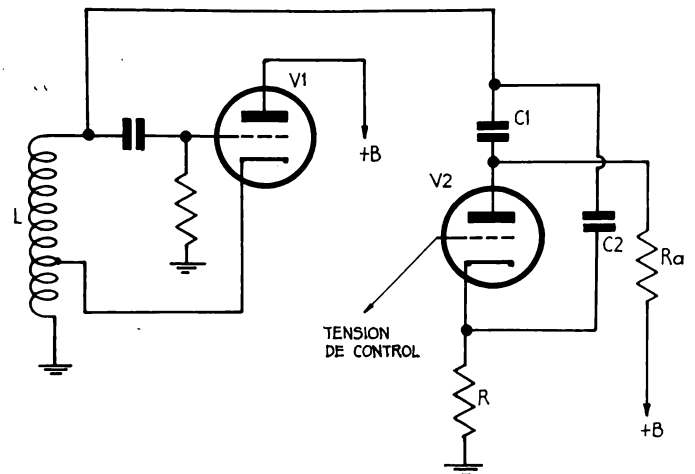


Fig. 134.- Circuito para hacer trabajar a una válvula en funciones de control automático de frecuencia.

ser los que se ocupan de televisión y sus circuitos.

Control automático de ganancia

Veamos ahora otro caso de aplicación importante de una válvula, como es la de obtener una

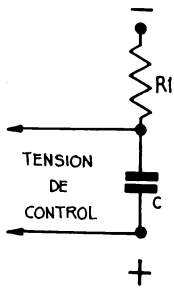


Fig. 135.- Circuito básico para obtener la tensión de control que se necesita en la figura 134.

tensión de control para regular la ganancia de los amplificadores de señal en televisores, a fin de igualar la amplitud de las señales de las distintas emisoras. Esto es importante porque la curva de ganancia de esos amplificadores se obtiene por superposición de las parciales de cada etapa, y entonces, si una señal tuviera más amplitud que otra se alteraría la integración de esas curvas. Para regular la ganancia de esas etapas amplificadora se usan válvulas del tipo explicado en la figura 47, o

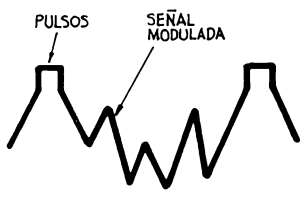


Fig. 136.- Gráfico de la onda de video modulada en amplitud.

sea que se requiere una tensión negativa de control tanto más alta cuanto más amplitud tenga la señal captada.

Veamos ahora el problema. La señal en televisión responde a un gráfico como el de la figura 136, o sea que tiene una parte con modulación de amplitud comprendida entre dos pulsos que corresponden a los instantes de borrado de la imagen para pasar al cuadro siguiente. Si se tomara la tensión de control directamente de la señal modulada, ocurriría que la amplitud variable de la misma crearía problemas para conseguir una tensión que responda a la amplitud de la portadora y no de la modulación.

Una de las soluciones se da en la figura 137. Allí vemos una válvula V que recibe en grilla la señal modulada, pero que recibe a su vez en placa, a través del capacitor C, los pulsos. Se destaca el

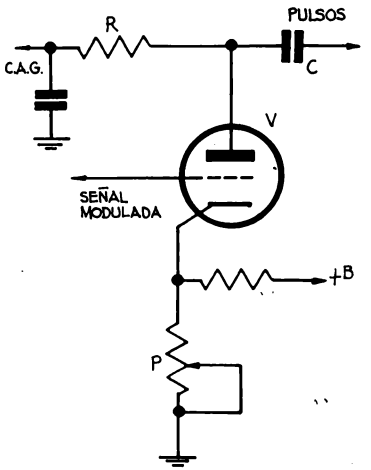


Fig. 137.- Circuito básico para hacer trabajar a una válvula como controladora automática de la ganancia de un amplificador.

detalle de que la señal aplicada a la grilla es variable pero positiva, luego, para que la válvula trabaje el cátodo debe tener una tensión positiva mayor que la de grilla, y eso justifica su conexión al +B. Los pulsos aplicados a la placa también tienen polaridad positiva, pero gracias al efecto de C son negativos del lado de placa. Veamos el funcionamiento:

El potenciómetro P en cátodo permite graduar de tal manera las cosas que cuando no hay señal en grilla la válvula quede al corte. Cuando hay señal en grilla, o sea cuando hay una estación captada, la válvula sale del corte, pero para que circule corriente de placa se necesita que en ese momento

haya un pulso en placa. Como la amplitud de los pulsos depende directamente de la amplitud de la señal de la emisora, la tensión en placa será proporcional a esa amplitud. Al propio tiempo, cuando la válvula conduce corriente, durante los breves lapsos en que duran los pulsos, esa corriente circula a través de V hacia cátodo. La polaridad de esa tensión es negativa porque en la cara izquierda de C tenemos tensión negativa con respecto a masa.

Se ha conseguido de este modo el control automático de ganancia mediante la acción de una válvula. El tema pertenece en realidad a los libros sobre televisión, pero lo hemos incluido para dar otro ejemplo más de funciones de control ejercidas por válvulas termoiónicas.

Día 11

Ahora entramos en la etapa de las consideraciones prácticas necesarias para que el lector comience a usar las válvulas en todas las funciones que han sido explicadas con anterioridad. Debemos familiarizarnos con la forma de conectarlas, con sus valores característicos, con el uso de los manuales que suministran las fábricas, con la manera de reemplazar una válvula por otra en un circuito para que el mismo siga funcionando, etcétera. En la primera parte de esta etapa práctica trataremos las nomenclaturas, códigos, conexiones en las bases y todo lo referente a la conexión de una válvula al resto del circuito, lo cual constituirá el tema de la presente jornada. Debe tenerse en cuenta al respecto que hay válvulas que proceden de distintos países, en los cuales hay normas industriales diferentes entre sí; ello obliga al lector a estar familiarizado con las modalidades. Felizmente, hay dos grandes grupos de válvulas que corresponden a las llamadas series americana y europea, y entonces el problema no es tan grande. Con unos cuantos datos, unas tablas y unos dibujos codificados podemos munirnos de los elementos necesarios para usar cualquier válvula. Comencemos la tarea.

USO DE LAS VALVULAS

Una vez que conocemos las válvulas electrónicas y las diversas funciones que las mismas pueden desempeñar en los circuitos de audio, radio, televisión, etcétera, hay que familiarizarse con la realidad práctica del uso de ellas en los equipos. Claro, hay que conectar cada electrodo al resto del circuito, hay que asignarle un determinado espacio en el chasis o gabinete, hay que saber si se puede colocar en cualquier posición o no y una serie de otros detalles que veremos opotunamente. En otras palabras hay que pasar de los símbolos a los objetos físicos, de la teoría a la práctica.

Lo más importante en las válvulas es la manera de conectarlas, es decir el uso de los zócalos, pero ellos están ligados también a la forma y tamaño de los bulbos o ampollas, de manera que comenzaremos por esto último.

Bulbos o ampollas

Las primeras válvulas tenían el bulbo de vidrio, una base o culote de ebonita y varias patas calzadas en esa base. Un vistazo a la figura 138 nos hará recordar las formas de los bulbos, con la salvedad de que la cantidad de patas no era 2, como parece indicarlo la figura, sino que allí se muestran las posiciones de esas patas. La forma cilíndrica de la hilera superior ya puede considerarse moderna, y la cuarta ilustración de esa hilera muestra una saliente metálica superior, llamada *capacete*, que sirve para conectar un electrodo que no puede enviarse a la base por razones de aislación o de efectos de inducción por proximidad.

Posteriormente aparecieron las ampollas metálicas que se ven en la parte central de la figura. En la base tenían un disco aislante con las patas: hay allí una ampolla con capacete superior. Los problemas del vacío en el interior de la ampolla y los de orden psicológico, pues el usuario no veía la luz interior, hicieron poco a poco desaparecer los bulbos metálicos.

Luego se volvió a los bulbos de vidrio, con culote o sin él, que también vemos en la figura 138. El culote de bakelita tiene, a veces, una envoltura metálica. La forma de las ampollas evolucionó hacia la cilíndrica, que es la actual y, salvo en las válvulas de potencia o en ciertos tipos especiales, el culote ha desaparecido y las patas salen directamente del bulbo en su parte inferior. No obstante, hay que tener en cuenta que se hallan en uso muchas válvulas de diseño antiguo, de modo que el lector debe familiarizarse también con ellas.

Las válvulas de gran potencia usadas en transmisión escapan a esta aseveración y adoptan para sus ampollas formas que difieren de lo dicho. La figura

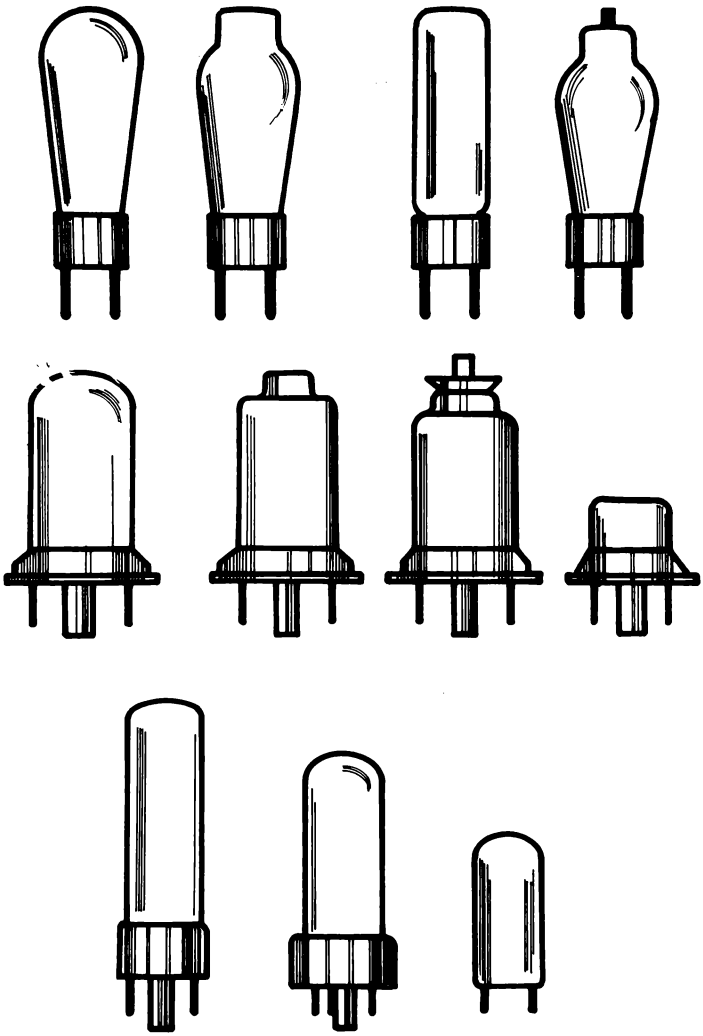


Fig. 138.- Evolución en las formas de los bulbos de las válvulas.

139 nos muestra algunas ampollas de válvulas de transmisión, y si bien la primera se diferencia poco de las anteriores, la segunda y especialmente la tercera salen completamente de la descripción de bulbos cilíndricos de vidrio sin culote, que mencionamos como aspecto moderno de las válvulas. Claro, dentro de la ampolla hay electrodos, y la diferencia entre los que corresponden a las válvulas de las figuras 138 y 139 está en los tamaños, aspectos y material con que se construyen, pero en el funcionamiento, la teoría explicada sirve perfectamente. Lo único que habrá que tener en cuenta es la magnitud de los valores en juego, sean ellos tensiones, corrientes o potencias; es lógico que una

R.C.A. que muestra un corte de un pentodo con ampolla de vidrio tipo miniatura y base de 7 patas. La observación de la figura es tan ilustrativa que nos exime de mayores comentarios. Este mismo aspecto constructivo ofrecen las válvulas de más de 7 patas, como son las novales (9 patas), y las de 10 a 12 patas que aparecieron últimamente.

Si la válvula tiene culote o base adicional, la única diferencia es que en la parte inferior de la ampolla se calza un cilindro hueco con base pero abierto arriba, y se fija al bulbo de vidrio con un adhesivo. En la base hay orificios para asegurar las patas huecas, por cuyo interior pasan los alambres de conexión que vienen del interior de la ampolla,

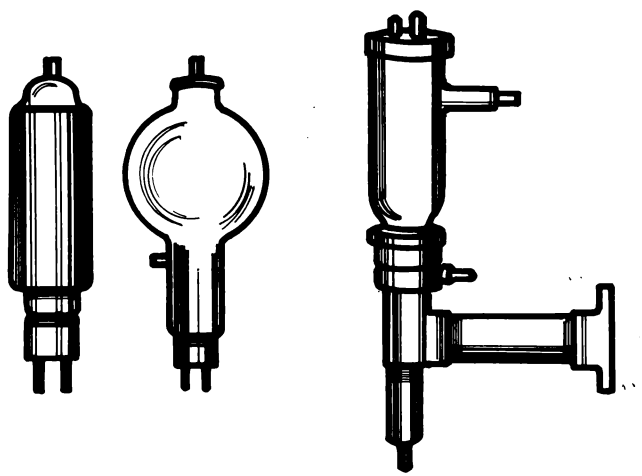


Fig. 139.- Aspectos de los bulbos de algunas válvulas especiales para transmisión.

placa que trabaja con una potencia del orden de unos cuantos kilowatt deba ser más grande que una para unos pocos watt.

Construcción interna

Dentro de la ampolla se hallan los diversos electrodos, las conexiones de los mismos a las patas de la base y los elementos de sostén y aislación. La técnica de fabricación de válvulas evolucionó notablemente con los años, y actualmente una válvula vista por dentro aparece como algo complejo, pero en cambio han desaparecido muchas deficiencias constructivas.

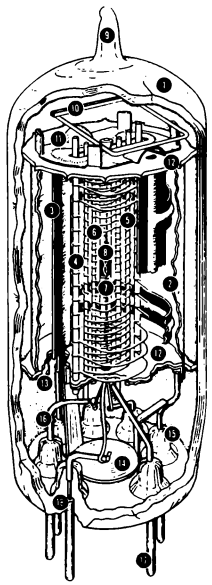
Para mejor ilustrar sobre el aspecto constructivo de una válvula, tomaremos una ilustración de la

y que se sueldan en los extremos de esas patas metálicas. Si hay capacete superior, el alambre de conexión del electrodo que corresponda pasa por el bulbo de vidrio y por un orificio del capacete metálico, al cual se suelda. El capacete se asegura al bulbo mediante un adhesivo.

Algunas válvulas tienen una construcción interna tal que deben trabajar en posición vertical únicamente; otras pueden trabajar en cualquier posición. Este detalle ha evolucionado con el tiempo, pues las válvulas primitivas debían trabajar todas en posición vertical, mientras que en la actualidad la mayoría trabajan en cualquier posición. La fábrica, en cada caso, especifica esta circunstancia en el manual de características.

Zócalos

Sin duda, el detalle más importante en las válvulas es la forma de conectar sus diversos electrodos al circuito del cual la válvula formará parte; entonces, este tema adquiere especial significado. El zócalo es una placa con agujeros que tienen piezas conductoras y en los que entran las patas de la válvula. De este modo una válvula puede colocarse y retirarse con facilidad, al mismo tiempo que evitamos soldar directamente las patas conectoras, lo que ocasionaría peligro de desconexión interna.



1 - AMPOLLA DE VIDRIO
2 - BLINDAJE INTERNO
3 - PLACA
4 - GRILLA SUPRESORA
5 - GRILLA PANTALLA
6 - GRILLA DE CONTROL
7 - CATODO
8 - FILAMENTO
9 - CIERRE DEL BULBO
10 - GETTER
11 - DISCO DE BLINDAJE
12 - LAMINA AISLADORA DE SOSTEN
13 - DISCO DE BLINDAJE
14 - BLINDAJE ENTRE PATAS
15 - SELLO DE VIDRIO DE LAS PATAS
16 - CONEXION ELECTRODO
17 - PATAS DE LA BASE
18 - UNION VIDRIO-METAL

Fig. 140.- Disposición constructiva de una moderna válvula con bulbo de vidrio de la R.C.A.

El zócalo tiene que tener tantos agujeros como patas tenga la válvula y aun a veces tiene más, porque algunas válvulas carecen de algunas patas que no se necesitan. Pero, lo que es más importante, al enchufar la válvula en el zócalo no debe existir la posibilidad de error, es decir que no debe ser posible que la válvula se enchufe de más de una manera. Por ejemplo, si la válvula tiene seis patas, dispuestas en los vértices de un hexágono, y el zócalo tiene seis agujeros en la misma disposición geométrica, podríamos enchufar la válvula en muchas posiciones diferentes. Pero si hacemos una de las patas y agujero del zócalo más gruesos, ya no quedaría más que una posición de enchufado, como si dejamos las patas iguales pero colocamos en la válvula una pieza con un saliente que calce en una determinada posición en un agujero especial del zócalo. Ambas soluciones propuestas como ejemplo se usan en la práctica, y las variantes sobre las mismas dependieron de la evolución y de criterios de diferentes fábricas. En la actualidad hay una tendencia a unificar sistemas para evitar problemas de diseño de equipos y de recambio de válvulas.

De entre las codificaciones propuestas para zócalos y bases de válvulas la que hemos encontrado más interesante es la publicada por De Muiderkring, de Holanda, que resume en un cuadro gráfico los diferentes sistemas que se usaron para las combinaciones base-zócalo y que reproducimos en la figura 141. El manual de válvulas editado por la mencionada firma asigna a cada válvula la sigla del código para reconocer fácilmente el tipo de base que tiene la ampolla y consecuentemente el tipo de zócalo en el cual esa válvula calza. Aclaremos que al hablar del tipo de zócalo no hacemos refe-

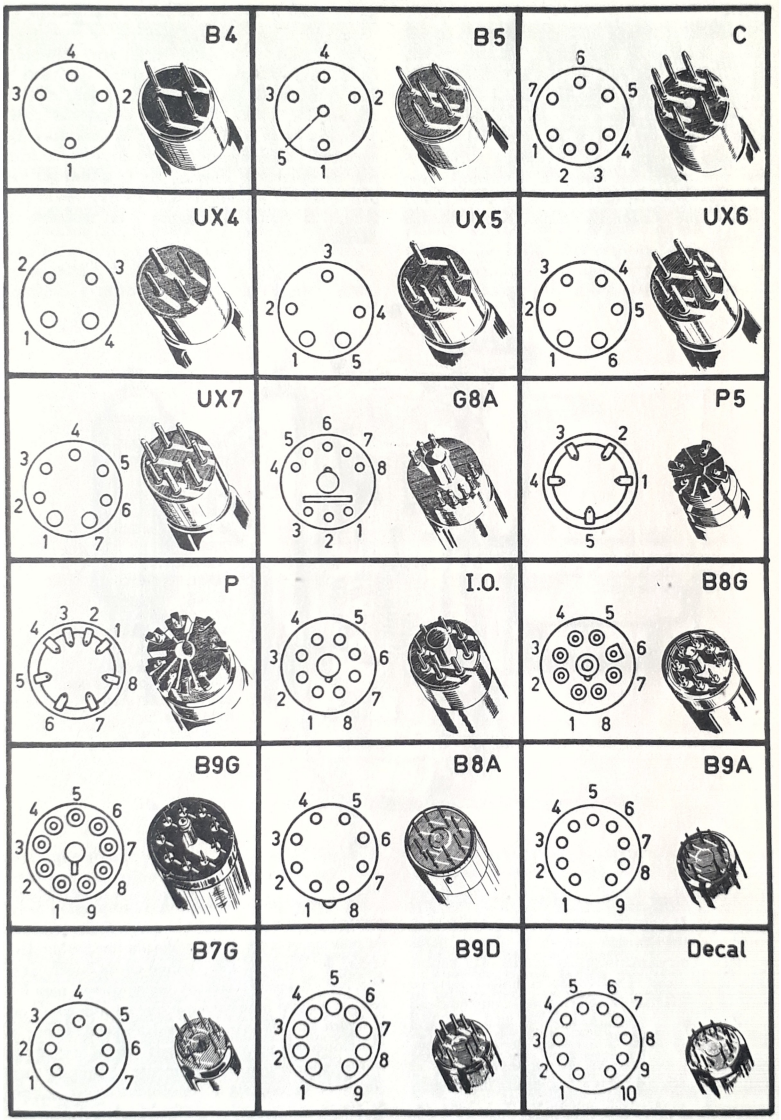


Fig. 141.- Disposición de las conexiones en la base y de las patas en los culotes de las válvulas electronicas.

rencia a los detalles constructivos referentes al material, forma de contorno, etcétera, sino a la disposición y diámetro de los agujeros, que es lo que interesa para que calce la base de la válvula.

Obsérvese que hay allí bases desde 4 hasta 10 patas, pues faltan las últimas aparecidas de 12 patas cuyo aspecto es completamente similar a la *decal*. Si comparamos la base B4 con la UX4 notaremos que son dos soluciones para evitar error de enchufado, pues la B4 tiene una distribución irregular de las 4 patas mientras que la UX4 tiene dos patas más gruesas con el mismo fin. Muchas bases tienen una saliente lateral que corresponde a una pieza fija a la válvula; unas veces es una bayoneta central con saliente lateral y otras veces es una saliente que aparece en el costado, parte inferior, del cuerpo de la válvula. En el primer caso, el zócalo tiene un agujero central con una muesca para la saliente de la bayoneta; en el segundo caso, el zócalo tiene un cilindro hueco adosado, con una ranura lateral para calce de la saliente de la válvula. Ejemplos típicos de ambos sistemas son la base IO para el primero y B8A para el segundo.

La tendencia moderna, originada en los diseños de las fábricas de U.S.A. la vemos en las bases B7G, B9A y decal, por ejemplo, y consiste en dejar una distancia mayor entre dos patas contiguas, de modo que solo hay una posición posible de enchufado de la base en el zócalo.

Otros diseños que han caído en desuso, se ilustran con la sigla P y en el mismo la válvula no tiene patas cilíndricas sino contactos elásticos de otro tipo, que calzan por presión en piezas laterales internas de los zócalos cilíndricos huecos; estos zócalos solamente sirven para cierta válvula de esa fábrica. Otros sistemas tienen una bayoneta central con una cabeza extrema que calza a presión en un cilindro de que está provisto el zócalo, de modo que la válvula ofrece resistencia para ser sacada. A este tipo pertenecen el B8G de la serie americana y el llamado *rimlock* en la serie europea.

En todos los casos, y cualquiera sea el tipo de base y codificación de zócalo que se utilice, cada zócalo debe tener los contactos para su conexión a los elementos de circuito. En la figura 142 se muestran algunos modelos de zócalos, y allí se ve que, además de los cilindros metálicos en los que entran las patas de las válvulas, hay terminales de soldar que son prolongaciones de tales cilindritos. Todas esas piezas de conexión están encastradas en discos aislantes que tienen dos orificios para asegurar el zócalo al chasis. Algunos zócalos se fijan con arandelas elásticas, que se colocan debajo del chasis y que calzan en una acanaladura que tiene el zócalo a ese efecto. Claro está que el tamaño del zócalo estará de acuerdo con el de la base de la válvula; la denominación coresponde a la dada en la figura 141 y en los equipos modernos que usan únicamente válvulas tipo miniatura, se los denomina por la cantidad de agujeros, como 7 contactos, 9 contactos, etcétera.

Los zócalos se miran desde abajo

La figura 141 nos muestra todos los diagramas de las bases de las válvulas usadas en la actualidad, y el lector al comparar esos diagramas con las figuras de los culotes o partes inferiores habrá intuido ya que a los efectos de la numeración codificada de las patas en las bases, hay que admitir una práctica convencional. Claro, la base se dibuja como un círculo y en él vemos circulitos que corresponden a las patas, pero si queremos numerarlas y después hacer que coincida la numeración propuesta con lo que queremos conectar, hay que establecer que la

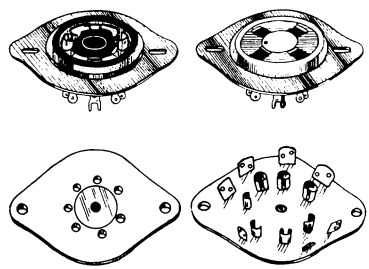


Fig. 142.- Aspectos constructivos de algunos tipos de zócalos.

base o el zócalo se miren siempre del mismo lado.

Bien, las bases de las válvulas y los zócalos, a los efectos del orden de los números, se miran *siempre desde abajo*. Esto se adoptó así porque los zócalos se aseguran a los chasis y las conexiones quedan en el interior de éstos; luego, para hacer las conexiones hay que colocar los chasis en posición invertida y los zócalos entonces se ven desde abajo.

Ahora bien, ¿cómo empezamos a contar los números alrededor del círculo que representa la base? En la figura 141 eso queda aclarado. Veamos los casos que se presentan:

1) Cuando hay algunas patas más gruesas, generalmente dos, se comienza a numerar por la pata gruesa de la izquierda.

2) Cuando hay un espacio vacío, sin patas, caso de los zócalos B9A, B7G, B9D y decal, se comienza a numerar por la primera pata a la izquierda del hueco.

3) Cuando hay una muesca, una bayoneta o una saliente lateral, caso de las bases IO, B8G, B9G, B8A, se comienza a numerar desde la saliente hacia la izquierda.

4) Las demás bases que escapan a estas reglas son excepciones y se indican en la figura 141; no deben preocupar, porque la gran mayoría de las válvulas actuales están comprendidas en las tres reglas anteriores.

Accesorios para válvulas

Además de los zócalos las válvulas requieren otros accesorios para su uso, los que estarán de acuerdo en su diseño, tamaño y demás detalles con la válvula a que están destinados. La terminación exterior y material de que están hechos dependen a veces de la voluntad del fabricante, pero ellos deben tener en cuenta el uso a que se destinan.

Uno de los accesorios más comunes es el *blindaje*, que es un cilindro metálico que envuelve a la válvula para formar una pantalla que la aísle de los campos electromagnéticos. La figura 143 ilustra sobre uno de los modelos adecuados para válvulas del tipo grande. El blindaje tiene una cantidad de orificios laterales para fines de ventilación, ya que la ampolla irradia calor proveniente de la disipación térmica del filamento y de la placa.

Para asegurar el blindaje al zócalo, tiene dos aletas con orificios en la parte inferior, que permite que se lo asegure con los mismo tornillos que fijan el zócalo al chasis. Algunos zócalos, como los

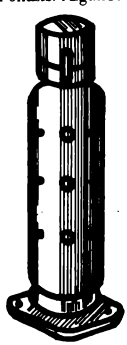


Fig. 143.- Aspecto constructivo de un blindaje para válvula.

mencionados para las válvulas cuya base corresponde a los tipos B8A y similares, tienen ya la parte inferior del blindaje, de modo que este es simplemente un cilindro hueco con tapa fija, ya que se retira fácilmente. En los otros tipos de blindaje, para poder quitar la válvula del zócalo, tienen que tener una parte retirable, sea el cuerpo del cilindro o una tapa superior.

Fig. 144.- Modelo de casquillo para el capacete de una válvula.

Otro accesorio común es el *casquillo* que ilustramos en la figura 144. La finalidad del casquillo es poder conectar el electrodo ligado al capacete superior de la válvula, si lo tiene. Antiguamente era común que la grilla de las válvulas tuviera conexión a un capacete, para alejar su conexión de la de placa y evitar efecto de oscilación por realimentación, pero la tecnica moderna ha recurrido a los blindajes internos y se ha superado esa necesidad. Pero se siguen conectando electrodos a capacetes superiores, ahora por razones de aislación; cuando la tensión en placa es muy alta, ese electrodo se conecta a un capacete para evitar problemas en los zócalos.

En el capacete calza una pieza de conexión por elasticidad, que es el casquillo. Es de hacer notar que el tamaño del casquillo depende de la válvula, pues no es lo mismo un casquillo para las válvulas ilustradas en la figura 138 que para las que vemos en la figura 139. El tamaño no está dado por razones estéticas, sino que está ligado a la intensidad de corriente que debe dejar pasar, lo que implica una determinada superficie de contacto y una disipación previsible.

En este último detalle mencionado, hay que tener en cuenta que a veces se llega a buscar un elemento de disipación térmica para el electrodo al cual el capacete está ligado solidariamente. En ese caso se usan casquillos especiales, provistos de aletas disipantes, que se llaman precisamente *disipadores*. En la figura 145 se ilustra uno de los modelos comunes, los que tienen un hueco cilíndrico en la base inferior para calzarlo en el capacete, preferiblemente en forma ajustada. Un tornillo prisionero lateral lo inmoviliza. En la parte superior tienen un terminal para conexión, el que generalmente es retirable, por lo que se fija mediante un tornillo.

Las válvulas vienen en estuches de cartón con tabiques inmovilizadores para protegerlas durante

el transporte. En la caja está impresa la sigla que la caracteriza. Esta caja no puede ser considerada como un accesorio para el uso pero la mencionamos porque advierte sobre las precauciones que hay que guardar en el manipuleo de las válvulas, ya que, además de la fragilidad de la ampolla de vidrio, está la no muy segura solidez de los elementos internos.

Nomenclatura de válvulas

Cualquier sistema que trate de codificar la designación de las válvulas mediante siglas, o sea lo que se llama nomenclatura de válvulas, tropieza con el inconveniente de que al aparecer nuevos tipos y en la cantidad tan impresionante como ocurrió en los últimos años, ocurre que no alcanzan las letras del alfabeto y hay que recurrir a combinaciones. Generalmente se usan claves que incluyen letras y números, y además hay dos escuelas o costumbres en este sentido, que han dado en llamarse *serie americana* y *serie europea*, y que presentan diferencias que aun subsisten, aunque ya se nota una evolución hacia la uniformidad.

En ambos sistemas de nomencaltura se da a cada válvula una sigla formada por letras y números, en las cuales se pueden distinguir tres símbolos o grupos de símbolos; cada grupo responde a un tabla que da sus significados, de tal modo que la sigla de una válvula sirva para dar la mayor cantidad posible de información sobre la misma. Desde ya advertimos que la nomenclatura no basta por si sola para reconocer todos los detalles concernientes a cada válvula, de modo que hay que recurrir al manual de características, pero por lo menos permite reconocer si una válvula es una rectificadora o una amplificadora, si pertenece a una serie determinada de filamentos o no, y otros detalles que deduciremos de los cuadros de nomenclatura que aparecen adjuntos.

Los dos cuadros dan los detalles de las nomenclaturas correspondientes a las dos series de válvulas, la americana y la europea. En nuestro medio

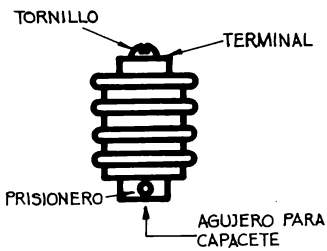


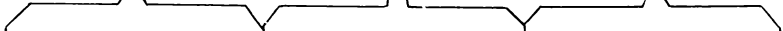
Fig. 145.- Tipo de casquillo disipador para válvula de gran potencia.

hay válvulas de ambas series, de modo que tenemos que familiarizarnos con las dos nomenclaturas. Destacamos que en la actualidad, especialmente en la serie americana, y debido a la gran cantidad de válvulas existentes, la sigla de una válvula es solo ilustrativa, pues cada vez menos puede contarse con ella para identificar las funciones de cada tipo.

Nomenclatura en la serie americana

Ejemplos:

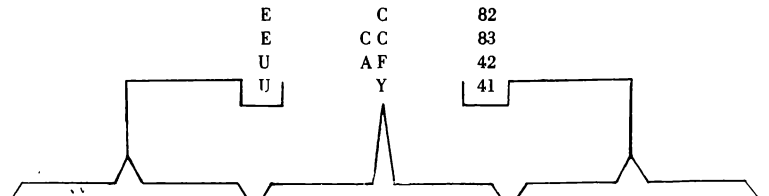
6	J	7
6	SJ	7
6	SJ	7GT
12	SK	7G
45	Z	5



Grupos de números *Indica la tensión del filamento o calefactor*	*Grupos de letras* *Indican el diseño o la función*	*Grupos de números y letras* *Indican el número de electrodos y la construcción*
0 : Cátodo frio 1 : De 1,0 a 1,6 V 2 : De 2,0 a 2,6 V 3 : De 3,0 a 3,6 V n : Desde n–0,4 V hasta n+*0,6 V* *Notas:* n es cualquier número entero. Cuando el filamento tiene derivaciones se indica la tensión mayor. Los números 7 y 14 se refieren a válvulas de 6,3 y 12,6 V que resisten un régimen mayor.	Las letras U, V, W, X, Y y Z indican comunmente que se trata de rectificadoras. La letra S si aparece en primer término y si es seguida de otra letra, indica variante constructiva que consiste en conexión de la grilla a la base. Combinaciones de dos letras, como AB, BA, etc. excluyendo la S colocada primero, indican recurso por no haber letras disponibles.	El número indica generalmente cantidad de electrodos. La letra G indica ampolla de vidrio para tipos que se hicieron metálicos. Las letras GT indican ampolla de vidrio, cilíndrica, en tamaño reducido. X indica zócalo de cerámica. Y indica zócalo fenólico de bajas pérdidas. Otras letras, como A, B, S, etc., indican ligeras variantes en la construcción o en el régimen de funcionamiento.

Nomenclatura en la serie europea

Ejemplos:



Primera letra *Indica la tensión o la corriente de filamento*	*Segundo grupo de letras*	*Grupo de números*
A: 4 Volt B: hasta 1,4 V. E: 6,3 V G: 5 V H: 150 mA K: 2 V P: 300 mA U: 100 mA X: 600 mA Y: 450 mA Z: cátodo frio	A: Un solo diodo para R.F. B: Doble diodo para R.F. C: Triodo, excepto de salida y de gas. D: Triodo de salida. E: Tetrodo, excepto de salida. F: Pentodo, excepto de salida. H: Hexodo o heptodo. K: Heptodo u octodo. L: Tetrodo o pentodo de salida. M: Indicador de sintonía. N: Triodo o tetrodo con gas. Q: Eneodo X: Rectificador de onda completa, con gas. Y: Rectificador de media onda. Z: Rectificador de onda completa.	Estas cifras se refieren a las características particulares del diseño y no tienen reglas que den aclaración; el manual de características de fábrica da la correspondiente información.

Día 12

La segunda parte de la faz práctica del uso de las válvulas era el conocimiento del manual de características de válvulas, para poder elegir en el mismo la más conveniente para cada función, para poder buscar un reemplazo cuando un tipo determinado no se consigue, cualquiera sea la razón para que tal cosa ocurra, y para poder realizar ese cambio cuando se requieren alteraciones en los valores de los componentes asociados a la válvula. Todo eso nos ocupará en la jornada que debemos abordar y es aconsejable, casi con caracter imperioso, que nos munamos de un manual de válvulas; de todos modos lo necesitaremos después para trabajar en nuestras realizaciones. Hay que hacer la advertencia de que no debe considerarse al manual como un libro eterno, pues como aparecen nuevas válvulas después que el mismo está impreso, ocurre que siempre está atrasado. Los editores de estos manuales lanzan constantemente nuevas ediciones y hay que admitir que si trabajamos en esta especialidad necesitaremos los manuales actualizados. Veamos, entonces, cómo se usa el manual de válvulas.

EL MANUAL DE VALVULAS – REEMPLAZOS

Hemos estudiado la teoría de las válvulas, las funciones que pueden desempeñar, los detalles constructivos y la manera de conectarlas al circuito del que formarán parte, mediante los zócalos. Para el armador que encara la realización de un equipo, el problema es muy simple, pues el circuito le marca las válvulas a emplear y muchas veces en los símbolos de las válvulas aparecen los pequeños números que indican el orden de las patas en los zócalos. Quiere decir que para usar válvulas no necesita más que atenerse al circuito, hacer las conexiones, enchufar las válvulas en los zócalos y proceder al ajuste según indicaciones que vienen también con ese circuito.

El problema cambia cuando no hay indicaciones referentes al orden de patas o cuando en lugar de un trabajo de armado se trata de una reparación e inclusive, cuando no se consigue la válvula pedida y se debe utilizar otra que sea equivalente. Tiene que acudirse a una fuente de información donde se hallen todos los datos acerca de las válvulas. Tienen que buscarse las características de una válvula antigua para la cual no hay repuestos y buscarse una moderna que la reemplace. Tiene, en fin, que tenerse un *manual de válvulas*.

Así llegamos al tema de este capítulo. Cada fábrica de válvulas edita un libro donde se hallan todos los datos acerca de las válvulas que ella produce. En realidad, hay dos grandes grupos de válvulas, que hemos llamado serie americana y serie europea; luego no será necesario diferenciarlas por fábrica, sino que bastará encuadrar a cada una dentro de una de las dos series. Y todavía podemos agregar que existen manuales que contienen las válvulas de ambas series.

El armador, el reparador, el proyectista, etcétera, necesitan un manual de válvulas, pero es indispensable que sepan usar la información que aparece en sus páginas. Veremos entonces cómo es esa información y luego explicaremos la manera de usarla. Desde ya aclaramos que existen varios manuales de válvulas y en nuestro medio se han popularizado el de la *R.C.A.*, el manual *Philips* o el *Fapesa*, entre los que contienen una sola de las series, y el Manual de válvulas y reemplazos de *H.A.S.A.* y el de *Muiderkrings*, entre los que agrupan las dos series. Por razones prácticas, nos referiremos a estos que hemos mencionado, ya que están al alcance de todos los lectores.

El manual de válvulas

Hemos dicho que el manual debe contener toda la información acerca de las válvulas y ahora precisaremos cuál es esa información. Es sabido que desde que apareció la primera válvula electrónica hasta hoy día, han surgido constantemente nuevos tipos y, de esa primera, no queda casi ni el recuerdo. Luego, ¿es razonable admitir que no nece-

sitamos la información que abarque más de 50 años, ya que nadie necesita hoy datos sobre las válvulas primitivas? Ahora bien, ¿dónde cortamos los datos? ¿Cuáles válvulas se suprimen? He aquí el problema, pues si bien las estadísticas dicen que las válvulas duran cierto tiempo y después que terminó la fabricación de un tipo dado no sería necesario incluirlo en el manual, subsiste el problema de que cuando se debe reeemplazar una válvula antigua hay que conocer sus características para buscarle un reemplazo.

Algunas fábricas, como es el caso de la R.C.A., hace la eliminación en dos etapas: primero, saca las válvulas que salen de la serie recomendada y las pasa a una tabla que aparece al final del manual, donde se da una información resumida; en una segunda etapa las elimina del manual. Otras fábricas eliminan las viejas después de un tiempo establecido por estadísticas. A raíz de estas modalidades, muchos armadores guardan los manuales viejos para resolver problemas que se presentan esporádicamente.

Para nuestro tema, no podemos ocuparnos in extenso del problema de las válvulas que van desapareciendo, pues preferimos dar normas para el reemplazo, las que consideramos más útiles. De ello nos ocuparemos más adelante.

Ahora veamos la clase y cantidad de información que puede encontrarse en un manual de válvulas. La figura 146 muestra trozos de los manuales más difundidos en nuestro medio, en los cuales puede verse la información que traen. Por lo pronto, tiene que haber datos sobre polarizaciones, tensiones y corrientes de todos los electrodos de cada válvula. Además, un esquema del zócalo, que sabemos se da siempre visto desde abajo, con indicación de qué electrodo va a cada pata. También una indicación de las funciones que ese tipo de válvula puede desempeñar. Algunas veces un pequeño esquema con los valores de los componentes, cuando ello es importante y la fábrica quiere que se respeten los resultados que ella obtuvo en su laboratorio. Para muchas válvulas encontramos las curvas características, porque los lectores con mayores conocimientos pueden usar esos gráficos para sus proyectos. Para facilitar ese proyectos se encuentran dibujos con medidas y formas de las ampollas, a fin de prever el espacio necesario. Y generalmente, los manuales se completan con una serie de circuitos que sirven de modelo, seleccionada de entre los equipos mas generalizados. Otra información pueden ser las tablas de valores de los componentes en determinadas condiciones de trabajo, como es el caso de los amplificadores de audio acoplados a RC, cuyos valores están tabulados en el manual de la R.C.A., los datos sobre reemplazos de válvulas, que están indicados en el manual de H.A.S.A., etcétera.

Datos sobre cada válvula

Para encarar el tema con criterio práctico tomemos un ejemplo. Abrimos el manual de la R.C.A. en una página cualquiera y vemos la válvula 6DE6. Dice que es un pentodo de corte neto, tipo miniatura y que la base es la típica de 7 contactos; los numeritos indican el orden de conexiones tomando el zócalo visto desde abajo. Es apta para trabajar como amplificadora de R.F. o de F.I. en frecuencias hasta 50 Mc/s.

El primer dato que encontramos se refiere al régimen del filamento o calefactor, y dice que la tensión del calefactor es de 6,3 volt, y la corriente es de 0,3 amper. El tiempo de calefacción es de 11 segundos. Luego, nos advierte que la máxima tensión de cresta entre cátodo y calefactor no debe exceder los 200 volt; este dato sirve para los proyectos que incluyen alimentación de filamentos en serie (figura 64) en los que aparecen tensiones que pueden ser altas entre cátodo y calefactor.

La información acerca de las capacidades entre electrodos es útil para los proyectistas de circuitos, porque esas capacidades aparecen derivadas sobre los circuitos sintonizados y deben ser tenidas en cuenta. Estos datos dan esas capacidades que son pequeñas, del orden de unos pocos micro-micro-Farad.

Pasamos luego al grupo de valores de tensiones y corrientes de los diversos electrodos. Este grupo se da generalmente en dos series, una que especifica los valores máximoa tolerados por la válvula y el otro que da los valores considerados normales. Por ejemplo, para la 6DE6 se da como tensión de placa, valor máximo 330 V y como valor normal 125 V. La tensión de pantalla es la misma que para la placa. La supresora debe ser conectada al cátodo en el zócalo.

Las corrientes se dan para la placa, 15,5 mA y para la pantalla (grilla 2) 4,2 mA. También se indica el valor del resistor que se coloca en el cátodo para polarizar la grilla, y que es de 56 ohm.

La resistencia de placa es la resistencia interna de la válvula, y el dato consigna ese valor: 0,25 megohm. La transconductancia es de 8.000 micromho. Aquí conviene que aclaremos este concepto, pues no todos los lectores lo conocen.

La *resistencia* de un circuito se obtiene dividiendo la tensión que le aplicamos por la intensidad de corriente que lo recorre. Si hacemos a la inversa, es decir dividimos la corriente por la tensión, obtenemos la *conductancia*. Como se trata de una inversa de la resistencia, si ésta se mide en *ohm*, la

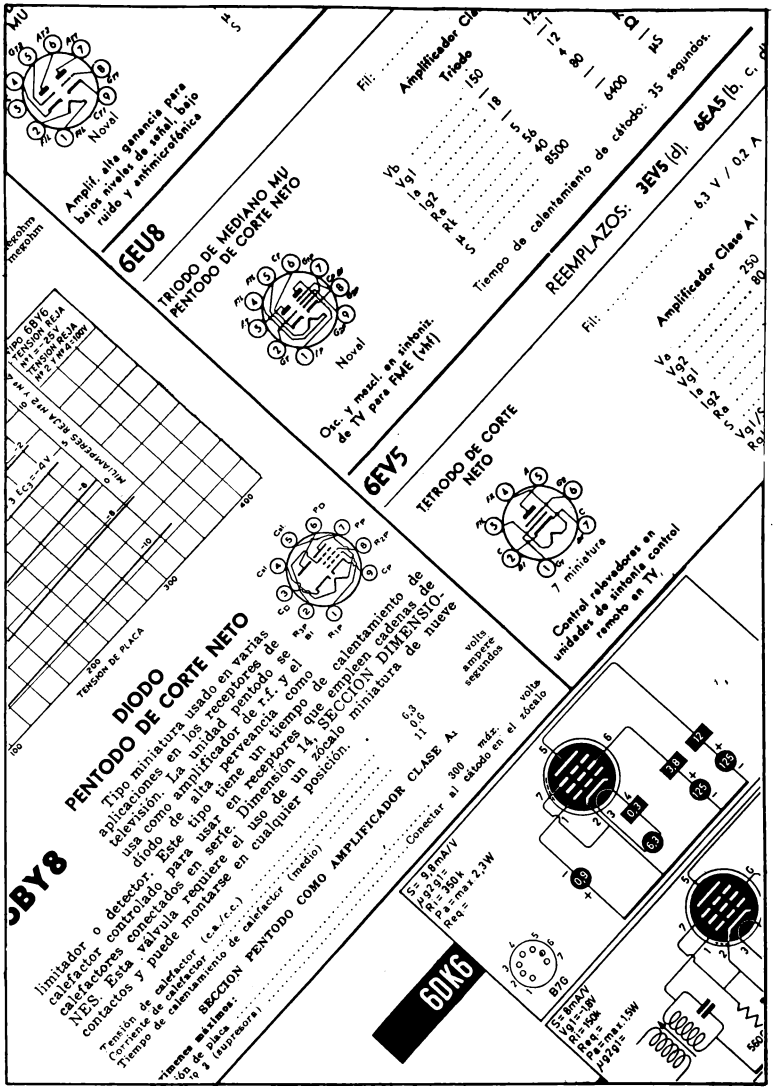

6EU8
TRIODO DE MEDIANO MU
PENTODO DE CORTE NETO
Noval
Amplif. alta ganancia para bajos niveles de señal, bajo ruido y antimicrofónica
Osc. y mezcl. en sintonía. de TV para FME (VHF)
6EV5
TETRODO DE CORTE NETO
7 miniatura
Control relevadoras en unidades de sintonía control remoto en TV.
REEMPLAZOS: 3EV5 (d), 6EA5 (b, c,
Amplificador Clase A1
Amplificador Clase A1
DIODO
PENTODO DE CORTE NETO
Tipo miniatura usado en varias aplicaciones en los receptores de televisión. La unidad pentodo se usa como amplificador de r.f. y el diodo de alta pervеancia como limitador o detector. Este tipo tiene un tiempo de calentamiento de calefactor controlado para usar en receptores que empleen cadenas de calefactores conectados en serie. Dimensión 14, SECCION DIMENSIONES. Esta válvula requiere el uso de un zócalo miniatura de nueve contactos y puede montarse en cualquier posición.
SECCION PENTODO COMO AMPLIFICADOR CLASE A1
6BY8
6DK6
B7G
TIPO 6BY6
TENSION REJA Nº1 = -25 V
TENSION REJA Nº2 = +100 V
MILIAMPERES
TENSION DE PLACA

Fig. 146.- Trozos de páginas de los manuales de válvulas más comunes en plaza.

conductancia se mide en *mho*. Ahora bien, en una válvula se puede relacionar la corriente de placa con la tensión negativa de grilla, ya que sabemos que ambas cosas guardan una estrecha vinculación. Al cociente entre la corriente de placa y la tensión de grilla se lo llama *trasconductancia*. Se la mide también en mho, pero como esta unidad es muy pequeña para las cifras usuales, se usa el *micromho*, que es la millonésima parte de la unidad anterior. Y si recordamos que este tema ya había sido tratado en el capítulo 3, y que multiplicando la trasconductancia por la resistencia interna se obtenía el factor de amplificación, en el caso de la 6DE6 vemos que no se da el dato de ese factor; calculémoslo:

$$0{,}25 \times 8000 = 2000$$

y habremos completado la información que da el manual de válvulas.

Pasemos ahora a un dato que es muy valioso y que es la tensión de corte. Sabemos que ella es la tensión negativa que debe darse a la grilla para que se anule la corriente de placa. En la práctica, como la corriente de placa se reduce a valores despreciables cuando se llega a la curvatura inferior de la característica grilla-placa (ver figura 147), suele tomarse como tensión de corte el valor de polarización que reduce la corriente de placa a un valor que se considera nulo. En este caso, ese valor es 20 microamper, y la tensión que lo produce es −9 volt.

En el manual de la R.C.A. se da para esta válvula una familia de curvas tensión de placa-corriente de placa, para uso de los proyectistas de equipos. Se destaca que pocas veces los armadores y reparadores usan estas curvas, pero si el manual las trae, ello representa una ventaja.

Refiriéndonos siempre al manual R.C.A. que hemos tomado en este caso para el ejemplo, podemos agregar que el mismo contiene, además de los datos sobre cada válvula, un resumen acerca del funcionamiento, que aparece al principio; una tabla ordenada de todas las válvulas, clasificadas por funciones; hacia el final las tablas de las válvulas consideradas como tipos para reposición con datos resumidos, y que es donde se debe buscar una válvula que no se encuentra en la serie ordenada; luego encontramos datos sobre la manera de probar válvulas, las tablas de valores para acoplamientos RC entre etapas, gráficos con las formas y dimensiones de las ampollas, una colección de circuitos de aplicación y, finalmente, una tabla de reemplazos de válvulas de la serie europea por similares de la serie americana.

Otros manuales dan información sobre cada válvula en forma similar al mencionado, pero en los anexos difieren, porque cada editor incluye en su manual lo que considera necesario para el público al cual está destinado el libro. Los manuales destinados a reparadores dan preferencia a los datos generales, esquemas de zócalos y claves para reemplazos, prescindiendo de las tablas y circuitos.

Reemplazo directo de válvulas

¿Cuáles son las razones para que deba reemplazarse una válvula por otra? Son varias, pero todas obligadas por las circunstancias, por lo que consideraremos un reemplazo como una situación anormal. Tenemos un equipo antiguo y hay una o más válvulas inservibles, por lo que debemos colocar otras en su lugar; como no hay en plaza iguales a las gastadas, hay que buscar otras que sean equivalentes. Otro caso; tenemos un circuito para realizar y no se encuentra una o más de las válvulas recomendadas, por lo que debemos buscar reemplazos. Un tercer caso frecuente; en las reparaciones suele tenerse un stock de reposición que no puede ser muy grande y al hacer recambios es frecuente el acudir a reemplazos de unos tipos por otros, siempre que el comportamiento del equipo reparado no se resienta.

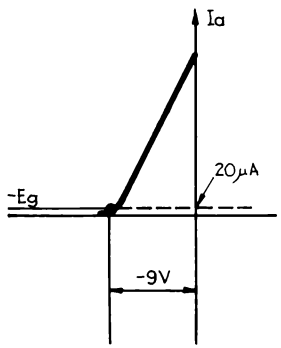


Fig. 147.- Una válvula se considera al corte cuando la corriente de placa se reduce a límites insignificantes.

Hemos mencionado los casos más frecuentes en los que hay que acudir a los reemplazos de válvulas. Hay otros, pero mas raros. Ahora bien, el reemplazo ideal es aquél que se hace sin necesidad de efectuar cambios en el circuito, es decir que quitamos una válvula y enchufamos la equivalente. Para que ello sea posible, la válvula que colocamos debe tener iguales características e idéntica distribución en la base que la reemplazada. Desde ya

aclaramos que este caso no es posible siempre, ya que no se justifica que la fábrica haga válvulas completamente iguales con distinta denominación. Pero hay algunas.

Un ejemplo nos aclarará lo dicho. Tomemos el manual de válvulas y busquemos la 6CB6 y la 6DE6. Mirando las conexiones en la base y los valores numéricos de ambas vemos que hay una coincidencia prácticamente total, salvo pequeñas diferencias sin importancia. Luego, afirmamos que cambiar una 6CB6 por una 6DE6 o viceversa es un reemplazo *directo*. No hace falta que hagamos esquemas ni demos tablas de valores; cuando las válvulas son iguales o casi iguales, con idéntica distribución en la base, son intercambiables.

Veamos un ejemplo. Hay que cambiar una 6AG5 y se dispone de una 6AK5. Si consultamos el manual de válvulas observaremos que la disposición de la base es idéntica, los valores numéricos son algo diferentes, pero no mucho, salvo en el detalle que el resistor de cátodo para la 6AG5, trabajando con 180 V en placa debe tener 330 ohm, mientras que el de la 6AK5, para igual tensión debe tener 180 ohm. Cambiamos el resistor de cátodo y la válvula 6AK5 puede ser colocada en lugar de la otra en la emergencia. Aclaramos que estamos hablando de un reemplazo ocasional y no una modificación de un proyecto, porque en ese caso habría que ahondar más en el estudio antes de adoptar una válvula en lugar de la

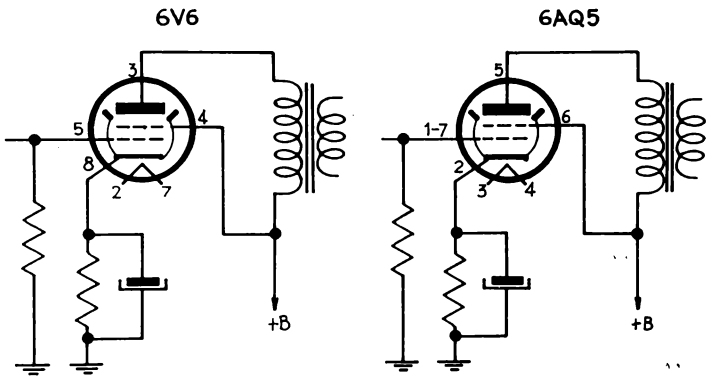


Fig. 148.- Normas a seguir para reemplazar una 6V6 por una 6AQ5, con cambio de zócalo.

Reemplazos con cambio de valores

Hay ocasiones en que se encuentran válvulas que tienen idéntica distribución en la base, que son aptas para las mismas funciones y que tienen cifras parecidas. En esos casos el reemplazo puede hacerse siempre que se estudie si las diferencias en las cifras afectan al funcionamiento. Por ejemplo, la diferencia en la corriente de placa obliga generalmente a cambiar el valor del resistor de cátodo (figura 75). La diferencia en la corriente de pantalla obliga a cambiar el valor del resistor de ese electrodo (figura 73). La diferencia en el factor de amplificación puede obligar a cambiar por lo menos el valor de la carga de placa y a veces otros valores, según la información de las tablas de amplificadores acoplados a RC que tienen algunos manuales.

otra. En otras palabras, damos siempre a un reemplazo el caracter de accidental, dejando los que se hacen en los laboratorios de los diseñadores por razones de existencia en plaza u otras para los técnicos que encaran el problema.

Reemplazos con cambio de zócalo

Muchas veces las fábricas adoptan los nuevos tipos constructivos para válvulas antiguas sin modificar sus características o con muy ligeros cambios en las mismas. Cambian las ampollas, las bases, en fin, el aspecto externo sin grandes cambios en las cifras de trabajo. La reposición de una válvula en esos casos debe hacerse mediante el cambio de zócalo, ya que la construcción nueva no calza en el zócalo antiguo.

Para aclarar este caso de reemplazo pondremos un ejemplo. La válvula 6V6 no puede ser considerada una válvula antigua, pero tiene una equivalente dentro de la serie miniatura, que es la 6AQ5. Desde el punto de vista funcional presenta escasas diferencias y conviene que las veamos para justificar la afirmación de que son reemplazables.

Si tomamos el manual y buscamos la información acerca de ambas válvulas, encontramos que la tensión máxima de placa de la 6AQ5 es de 275 V mientras que para la 6V6 se admiten 350 V. Ahora bien, se trata de amplificadoras de potencia para etapas de salida de audio, que trabajan generalmente con una tensión de 250 volt, de modo que la diferencia señalada no nos afecta. Otra diferencia la encontramos en la cifra que da la disipación de placa. Para la 6AQ5 esa cifra es de 12 watt y para la 6V6 es de 14 watt. La disipación de placa se refiere a la potencia de pérdidas o sea la que no va a la carga. En el peor de los casos, cuando la válvula trabaja en clase A, el rendimiento es del orden del 50%, de modo que la mitad de la potencia se usa y la mitad se pierde. La potencia útil de salida de esta válvula es del orden de los 4 watt, de modo que la cifra de disipación será como máximo igual a esa cifra, muy por debajo de la máxima potencia permitida por la fábrica.

En resumen, que la 6AQ5 puede reemplazar electricamente a la 6V6. Veamos ahora el detalle del cambio de ampolla. El esquema de conexiones de la 6V6 se da en la figura 148 a la izquierda, y el de la 6AQ5 a la derecha. La primera tiene una base octal y la segunda una base miniatura de 7 contactos. Luego, para hacer el reemplazo debemos cambiar el zócalo octal por uno de 7 contactos, miniatura. Para hacer las conexiones levantaremos los cables o elementos soldados a cada terminal del zócalo octal, quitaremos el zócalo y colocaremos en su lugar uno miniatura, usando una arandela adaptadora para compensar la diferencia de diámetros, y luego seguiremos los números de orden. Es decir que el conjunto de cátodo que estaba soldado a la pata 8 lo soldaremos a la pata 2; los dos cables de filamento que estaban en las patas 2 y 7 los colocaremos en las patas 3 y 4. La conexión de grilla que iba a la pata 5 la pasamos a la pata 1 o a la 7 del zócalo nuevo; la de placa, que es uno de los cables del transformador que iba a la pata 3 irá a la 5 del zócalo miniatura y la de pantalla de la pata 4 irá a la pata 6 del nuevo.

No hay más cambios que hacer y hemos terminado la tarea, ya que ambas válvulas son electricamente similares, según dijimos. En otros casos, cuando se encuentra que una válvula puede reemplazar a otra salvo cambio de zócalo, se procede en forma similar, estudiando la nueva numeración de orden en la base. Pero es indispensable que ambas válvulas trabajen con iguales valores de los componentes, o sea que sus características sean iguales o con tan ligeras diferencias que no afecten a los valores de los componentes asociados.

Reemplazos con cambios de conexiones

Este es el caso más complejo que se presenta y generalmente se debe a que no se consigue la válvula de reposición, ya que en un equipo construido, la mayoría de las veces se trata de cambiar una válvula defectuosa o agotada por una similar, que entre en los otros casos de reemplazos. Cuando se habla de cambios de conexiones debe entenderse que excluimos los casos simples de cambios de valores en algún elemento, que han sido tratados antes. Más bien estamos frente a cambios de conexiones, valores y zócalo, que sería lo más general dentro de esta categoría de soluciones. Si solamente debemos cambiar dos cosas de esos grupos, tendríamos una simplificación.

Es muy difícil plantear reglas fijas para hacer reemplazos que estén encuadrados en el subtítulo que estamos considerando, pues se presentan infinidad de situaciones. Es casi imposible prescindir del manual de válvulas para resolver esta clase de problemas. A fin de ilustrar al lector sobre la modalidad que puede adoptarse, trataremos un ejemplo concreto.

Supóngase que se deba cambiar una conversora tipo 6K8, que es una combinación de triodo y heptodo, por una válvula similar desde el punto de vista eléctrico, como es la ECH81. Las razones para que aparezca esta segunda válvula como reemplazante pueden ser varias, como el disponer de ella por ejemplo. Lo que es seguro es que ganaremos con el cambio por tener mejor "performance" que la 6K8.

Si estudiamos la situación, comenzaremos por comprobar que la 6K8 tiene base octal y la ECH81 la tiene noval miniatura; es obligado el cambio de zócalo, de modo que debemos desoldar todas las conexiones en el zócalo octal y retirar el zócalo, colocando en su lugar uno miniatura de 9 contactos.

Acto seguido debemos observar la figura 149, que nos muestra los dos esquemas; a la izquierda tenemos el existente, que corresponde a la 6K8 y a la derecha el que debemos armar para la ECH81. Si se observan los valores de los componentes notaremos que hay diferencias importantes, pues hasta hay elementos que desaparecen. Hagamos el estudio parte por parte.

El filamento se conecta ahora a las patas 4 y 5 en lugar de las 2 y 7 que se tenían antes. El cá-

todo, pata 3, va a masa, es decir que no lleva el juego de polarización con resistor y capacitor derivado de 300 ohm y 0,1 mfd respectivamente, los cuales deben ser retirados. La conexión de grilla de control que antes iba al capacete ahora irá a la pata 2, de modo que retiraremos el capacete y bajaremos el cable a la parte inferior del chasis; en esta operación puede ocurrir que ese cable está tomado de un terminal superior del tandem y que convenga, para no alargar la conexión, tomarlo de un terminal inferior de dicho tandem.

Pasamos ahora a la placa, que está en la pata 6 y que quedará conectada al transformador de F.I. como antes. La pantalla va a la pata 1 pero cambia dora del triodo, que ahora va a la pata 8, obsérvese que hay cambio en el valor del resistor reductor de tensión.

Con las operaciones realizadas hemos terminado con el reemplazo de la 6K8 por la ECH81 y podemos enchufar a esta última en el zócalo y colocar el blindaje que generalmente lleva. Puede ocurrir, y es frecuente, que deba retocarse la calibración del receptor por diferencias en las capacidades internas de la válvula nueva con respecto a la vieja. Eso se realiza sintonizando cualquier emisora en el extremo de las frecuencias bajas para el retoque del trimer de la sección osciladora y pasando a una emisora del extremo de las frecuencias altas para

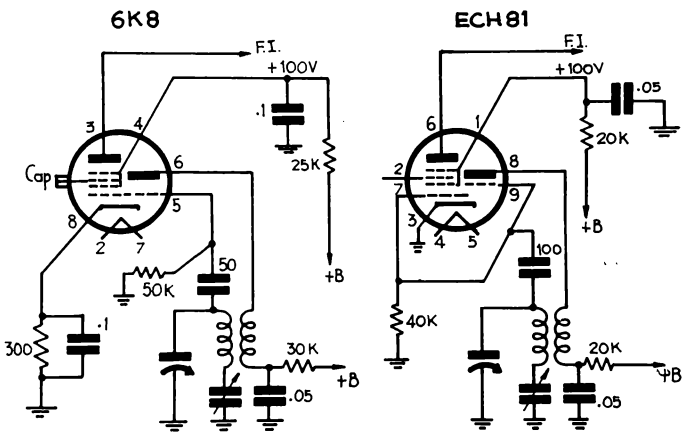


Fig. 149.- Normas a seguir para cambiar una 6K8 por una ECH81, con cambio de zócalo y de valores.

el valor del resistor reductor de tensión, pues teníamos 25 Kilohm y debe ir 20 Kilohn; el capacitor a masa puede ser uno de 0,05 mfd o el que estaba que generalmente era de 0,1 mfd. Por las dudas damos la tensión que debe haber en la pantalla para que la podamos verificar con el multímetro.

Y ahora nos queda el triodo oscilador. Obsérvese que la conexión interna entre la grilla oscilador, pata 5 y la de inyección que había en la 6K8, ahora se hace externa, pues deben unirse las patas 7 y 9 de la ECH81. El resistor de polarización de la grilla osciladora pasa a valer 40 Kilohm y el capacitor de acoplamiento a la bobina osciladora debe tener 100 mfd. En cuanto a la placa oscila- retocar el trimer de la bobina de antena. Claro que estas explicaciones son muy sintéticas, pues el tema, escapa a este trabajo.

Otros reemplazos con cambios de conexiones se encaran de manera similar al tratado como ejemplo. El método aconsejable es comparar el circuito existente en el equipo en torno a la válvula que deba reemplazarse con el que corresponde a la válvula nueva, cuyo esquema de conexiones y valores característicos son fáciles de encontrar en los manuales de válvulas y de circuitos. También encontraremos el tipo de base que corresponde, para saber si debemos cambiar el zócalo. Así habremos solucionado el problema del caso particular que se nos presentó.

Día 13

Comenzamos ahora lo que podría ser considerado como una segunda parte del libro, y que se dedicará a los tubos de rayos catódicos o tubos de imagen. Estos dispositivos pueden ser considerados como formando parte de la familia de las válvulas, y así ocurría mientras se usaban para instrumentos de laboratorio. Pero el advenimiento de la televisión cambió las cosas y ahora los tubos forman una familia aparte. Como no podíamos escapar a la regla general, los tubos aparecen en este libro tratados aparte y comparten con las válvulas el título general de la obra. En tres jornadas estudiaremos todo lo referente a los tubos de rayos catódicos y ello es posible así porque los principios de la emisión de electrones, la atracción de la placa positiva y el control sobre aquéllos mediante una grilla ya han sido explicados para las válvulas y los damos por conocidos y comprendidos. Queda entonces por explicar la obtención de imágenes luminosas en la pantalla del tubo y para ello comenzaremos en esta jornada a explicar cómo está construído el tubo, cómo se forma el haz o rayo catódico y cómo se lo gobierna. Ese es nuestro tema de hoy y ya lo abordamos.

EL TUBO DE RAYOS CATODICOS

Para entrar en materia debemos recordar algunas cosas que explicamos al referirnos a las válvulas, sin dejar de pensar que el tubo es, en cierto modo, una válvula. Y para corroborarlo, volvamos a la figura 53 que nos ilustraba sobre un indicador de sintonía, o sea una válvula en la cual el flujo de electrones que salía del cátodo chocaba contra una superficie cubierta de sustancias fluorescentes, con el resultado que éstas producían una cierta luminosidad. En otras palabras, si un haz de electrones choca contra una placa que ha sido recubierta con material fluorescente, se produce en la misma una zona luminosa, tal como lo representa la figura 150. Por supuesto que de esto a un tubo de imagen hay muchas cosas para explicar.

Para formar una imagen luminosa en la pantalla fluorescente hay que concentrar el haz de electrones para que la luminosidad sea un punto y luego gobernar la posición del haz para que ese punto se desplace rápidamente en la pantalla y forme una imagen. En los instrumentos llamados *osciloscopios*, la imagen que se forma en la pantalla del tubo es un gráfico que se desea observar. En los televisores, la imagen es una escena captada en la emisora. El objeto de este libro no es el estudio de los osciloscopios ni de la televisión, sino simplemente explicar el funcionamiento del tubo en sí.

Como de las dos operaciones que mencionamos para realizar con el haz de electrones es más importante el gobierno de la posición del mismo, comenzaremos con este tema, para tratar más adelante la concentración o enfoque del haz.

Desviación del haz con un campo eléctrico

Supongamos que tenemos dos placas metálicas, colocadas paralelas y conectadas a una diferencia

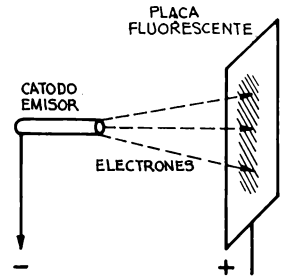


Fig. 150.- Los electrones emitidos por el cátodo llegan a una placa fluorescente produciendo luminosidad en la misma.

de potencial de tal modo que la placa superior sea positiva y la inferior negativa, tal como lo muestra la figura 151; se forma allí un campo eléctrico que se representa por líneas de fuerza eléctricas que

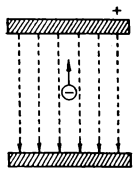


Fig. 151.- Un electrón dentro del campo eléctrico es atraído por el potencial positivo.

hemos dibujado punteadas. Pero ahora colocamos un electrón en el espacio comprendido entre las placas y como se trata de una carga eléctrica negativa, será atraído por la placa positiva y rechazado por la negativa, es decir que tomará un movimiento ascendente.

Ahora tomemos el mismo conjunto, pero en lugar de colocar un electrón suelto, lo lanzamos a través del espacio entre placas (ver figura 152). Ese electrón puede provenir, por ejemplo, de un cátodo emisor. Sobre este electrón actúan dos efectos: uno que lo impulsa en movimiento horizontal y otro, el que explicamos antes, que lo impele en movimiento vertical. Lógicamente, el resultado de esos dos efectos será un movimiento oblicuo, como el indicado en la figura con la letra R, resultante. Es decir que un campo eléctrico puede desviar la trayectoria de un electrón y, por supuesto, de un haz de electrones.

Obsérvese que si el campo eléctrico puede ser gobernado en su valor, la desviación lograda será

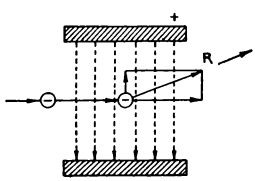


Fig. 152.- La dirección del movimiento del electrón cambia por efecto del campo eléctrico.

mayor o menor, es decir que podemos desplazar a todo un haz de electrones desde su trayectoria hasta una posición extrema superior. La figura 153 nos muestra esto, pues si suponemos que la acción impulsora horizontal que tiene el electrón es constante, y hacemos que la acción de desplazamiento vertical varíe, la resultante tomará las posiciones indicadas con los números 1, 2 y 3, según sea la tensión entre placas, que es una medida de la intensidad del campo eléctrico. Si esa tensión se hace nula la resultante pasa por O y el electrón sigue su camino sin desviación.

Ahora veamos lo que ocurre si además de cambiar la tensión entre placas le invertimos la polaridad. La figura 154 es lo suficiente clara al respecto. Al hacerse positiva la placa inferior, el haz de electrones o rayo catódico se desvía hacia abajo en cantidad que depende del valor de la tensión entre placas. Así la figura nos muestra que podemos desviar el haz hacia arriba o hacia abajo, en cantidad que podemos graduar a voluntad alterando el valor y el signo de la tensión entre placas. Más adelante veremos que el efecto de desviación logrado en la figura 154 puede conseguirse fácil-

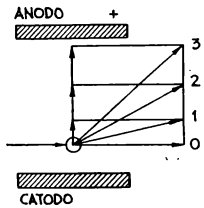


Fig. 153.- Según sea el valor de la tensión positiva del ánodo la desviación del electrón es mayor o menor.

mente aplicando a las placas una tensión alterna, tal como lo muestra la figura 155.

Desviación del haz con un campo magnético

Si recordamos algunas cosas interesantes de la Electricidad, como el fenómeno que hace girar a los rotores de los motores eléctricos, comprenderemos muy fácilmente lo que debemos encarar ahora. En efecto, un cable recorrido por una corriente eléctrica sufre una acción de desplazamiento al colocarlo dentro de un campo magnético. La figura 156 nos aclara sobre lo que hemos dicho. El cable lo representamos por su corte transversal, de modo que vemos un circulito y dentro de él un punto que representa la corriente que lo recorre. El campo magnético lo forman las bobinas que también tienen corriente que proviene de una fuente eléctrica. El hecho es que la acción electromagnética desplaza al conductor hacia la derecha y en este caso es en esa dirección, por los sentidos de circulación de las corrientes en la

bobina y en el conductor. Si cambiamos una de las dos cosas, el desplazamiento será hacia la izquierda. Ese desplazamiento será tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad del campo magnético, o sea cuanto mayor sea la corriente que lo produce.

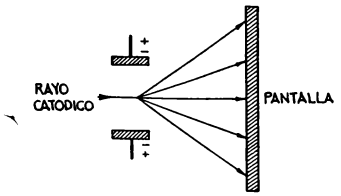


Fig. 154.- El rayo catódico puede desviarse de modo que cubra toda la pantalla.

En el caso que estamos estudiando no tenemos una corriente eléctrica sino un haz de electrones, pero sabemos que ambas cosas son equivalentes pues se trata de un haz de electrones en movimiento, sea en un conductor o en un espacio vacío.

Luego, el mismo efecto de desviación del haz de electrones o rayo catódico que producíamos con un efecto electrostático en la figura 155, podemos lograrlo con un par de bobinas colocadas como indica la figura 156, es decir una arriba y otra abajo del haz. Si la corriente en la bobina cambia de valor y de sentido de circulación, se conseguirá una desviación total del haz hacia arriba y hacia abajo, o sea que en la pantalla fluorescente se formará una imagen como la de la figura 157.

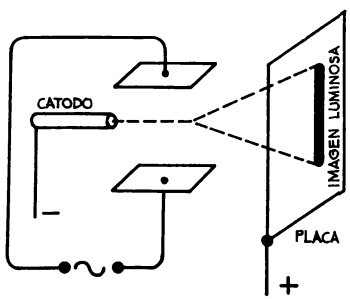


Fig. 155.- Aplicando una tensión alterna a las placas deflectoras se obtiene una raya luminosa en la pantalla.

Hay que destacar dos cosas; la primera es que tal como lo hacíamos con la desviación electrostática, hemos aplicado a las bobinas una corriente alternada. La segunda es que, de acuerdo a lo que explicamos en la figura 156, el eje de las bobinas en la figura 157 es horizontal para lograr desviaciones verticales. En el caso de la figura 155 el eje de las placas, si puede suponerse que existe ese eje, era una recta vertical para lograr desviación vertical y esta diferencia entre las figuras 155 y 157 debe ser tenida muy en cuenta. Claro que con lo dicho estamos entrando en detalles que hacen a la utilización del tubo de imagen, pero conviene irse familiarizando con particularidades como la señalada, para compenetrarse bien de su comportamiento.

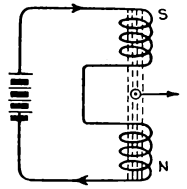


Fig. 156.- Un campo magnético también produce una desviación en el electrón.

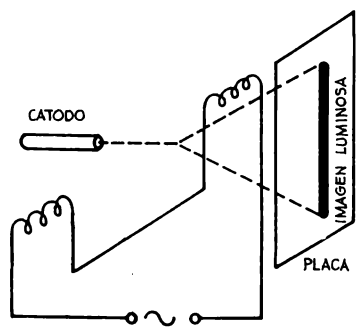


Fig. 157.- Con un par de bobinas recorridas por corriente alterna se logra también una raya luminosa en la pantalla.

Enfoque del haz con campo eléctrico

Ya hemos explicado la forma de desviar el rayo catódico y ahora debemos concentrarlo para producir un punto luminoso en la pantalla. La necesidad del enfoque surge del hecho de que cada elec-

trón en su trayectoria repele al vecino, ya que se trata de cargas eléctricas del mismo signo; con ello el haz se va abriendo y forma un cono con el vértice en el cátodo y la base en la pantalla, que es donde llega finalmente. Así tenemos un haz que no nos sirve para formar imágenes.

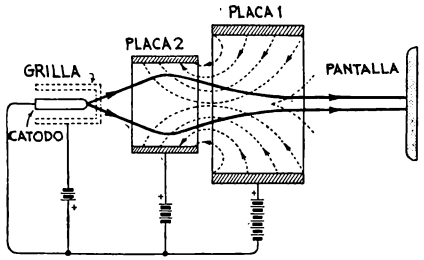


Fig. 158.- Disposición constructiva del cañón electrónico que forma un haz delgado de electrones.

Veamos el procedimiento que se sigue para enfocar el haz de electrones mediante un campo eléctrico. La figura 158 nos muestra el montaje de elementos que forman el conjunto llamado *cañón electrónico*. Consiste en el cátodo emisor, una grilla de control para gobernar la densidad del haz, como en las válvulas comunes, y dos placas numeradas 1 y 2. La placa 1 tiene un potencial eléctrico mayor que la 2, luego el campo eléctrico que se forma tendrá sus líneas de fuerza saliendo de la placa 1 y yendo hacia la placa 2, según lo muestra la figura. El electrón, tal como lo vimos en la figura 152, al entrar en un campo eléctrico sufre una acción que lo hace moverse en dirección paralela a las líneas de fuerza del campo eléctrico; esto se traduce en que las trayectorias que eran divergentes por repulsión entre electrones se transforman en convergentes y los haces llegan a la pantalla en un mismo punto. Como el campo eléctrico le imprime una aceleración a cada electrón, al salir del cañón electrónico están tan acelerados que ya no ocurre el efecto de divergencia por repulsión entre ellos y por eso se cumple lo que muestra la figura 158.

Enfoque del haz con campo magnético

Ya sabemos que el electrón que entra a un campo magnético queda sometido a las acciones de éste. Si el electrón entra a la bobina en la dirección de su eje, no sufre desviación alguna, pero si entra en una dirección oblicua, por efecto de la divergencia del haz que ya mencionamos, la fuerza electromagnética le imprime un desplazamiento transversal. Ese efecto, combinado con la trayectoria original que es de avance, da por resultado una especie de movimiento helicoidal, como lo muestra la figura 159, que es del tipo convergente, y, finalmente, el electrón, acelerado por la acción del campo, sale de la bobina con trayectoria paralela al eje y gran velocidad; con ello ya no se produce el efecto de divergencia por repulsión entre electrones y finalmente el haz llega a la pantalla formando un punto luminoso. En la figura 159 el gráfico (a) es un corte longitudinal y el (b) uno transversal, para apreciar mejor el efecto que sufre el electrón en su desplazamiento.

En la práctica, para lograr un punto luminoso pequeño en la pantalla hay que graduar la intensidad de la corriente que recorre la bobina, operación que es directamente el enfoque del rayo catódico.

El tubo completo

Ahora ya sabemos que el tubo de rayos catódicos debe tener un cátodo emisor para formar el haz de electrones; también una grilla, para regular la densidad de ese haz o sea la luminosidad del punto en la pantalla; una placa o pantalla de

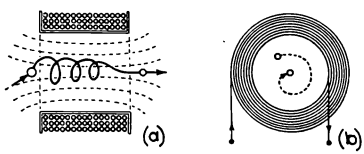


Fig. 159.- El enfoque del haz de electrones también se puede conseguir con una bobina.

imagen con tensión positiva alta para atraer a los electrones emitidos por el cátodo y que, lógicamente, es transparente para poder ver las imágenes luminosas desde afuera. Luego tenemos los sistemas de deflexión y de enfoque, y aquí se presentan diferencias.

La figura 160 nos muestra, en forma esquemática, un tubo con enfoque y deflexión electrostática. Este tipo de tubo es típico para osciloscopios ya que es mucho más simple, más liviano y más barato.

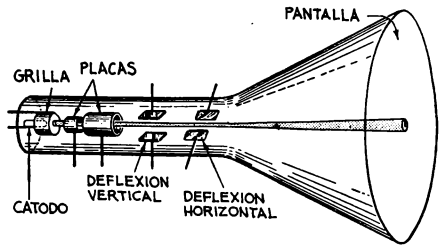


Fig. 160.- Disposición de los elementos en un tubo con enfoque y deflexión electrostáticas.

La figura 161 muestra una disposición esquemática de un tubo con enfoque y deflexión magnética. Este tipo de tubos era el que se usaba primitivamente para televisión, pero posteriormente se reemplazó el enfoque magnético por el electrostático, de modo que actualmente los tubos de imagen para televisores son una combinación de las dos figuras anteriores: tienen enfoque eléctrico y deflexión magnética.

Otro detalle de interés es que las dos figuras anteriores muestran tubos con pantalla circular; esto es válido para osciloscopios, tubos para radar, ecétera, pero no para televisión, donde a la pantalla se le ha dado la forma rectangular con esquinas redondeadas que todos conocemos. Lógicamente, ese detalle no afecta a las explicaciones sobre funcionamiento que se han dado, ya que el haz se desplaza al llegar a la pantalla y forma imágenes de la manera como explicaremos más adelante, y precisamente el espacio barrido tiene forma rectangular.

Conexiones del tubo electrostático

Veamos ahora un tubo completo, con todos sus electrodos, comenzando por el tipo electrostático que merece nuestra atención pues es el que se usa en instrumental, como se ha dicho. La figura 162 muestra un corte esquemático. Tenemos el filamento o calefactor que tiene la misión de llevar al cátodo a la temperatura de emisión o estado incandescente, tal como lo estudiamos para las válvulas (figura 6), luego viene el cátodo y envolviendo a éste la grilla de *control de brillo* del punto luminoso. Completamos el cañón electrónico con las dos placas de enfoque, que tienen forma cilíndrica y con un orificio en sus bases para el paso del haz. En los esquemas estos ánodos se dibujan con rayas cortadas como si fueran grillas auxiliares. Para controlar el enfoque basta hacer variable la tensión de una de las placas del cañón, por lo que una tiene tensión fija y la otra variable.

Pasamos ahora al juego de placas deflectoras, dos para la desviación vertical del haz y dos para la desviación horizontal; claro, lo que explicamos en la figura 155 era válido para obtener movimientos verticales del punto luminoso, pero es fácil imaginar que con otro par de placas, colocadas perpen-

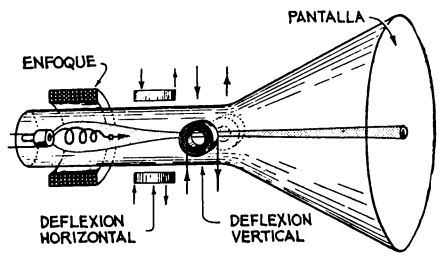


Fig. 161.- Disposición de los elementos en un tubo con enfoque y deflexión electromagnéticos.

dicularmente a las anteriores, se obtienen desplazamientos horizontales del punto en la pantalla; este tema nos ocupará en el capítulo próximo.

Y finalmente llegamos a la pantalla de imagen. Hemos dicho que debemos tener allí una alta tensión positiva, y eso se consigue con un revestimiento metalizado del interior del tubo, con un borne saliente al exterior para conectar allí la tensión aceleradora. La pantalla fluorescente está en el frente del tubo, como un revestimiento en la parte interior de ese frente, hecho con sustancias fluorescentes que emiten luz al recibir el rayo catódico.

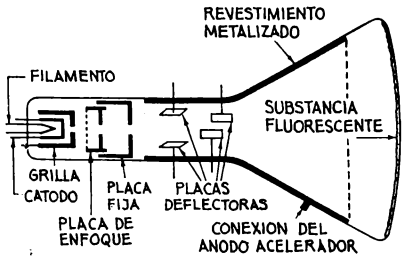


Fig. 162.- Denominación de las distintas partes componentes de un tubo electrostático.

Veamos ahora las conexiones necesarias para dar a cada elemento del tubo la polarización correcta. La figura 163 muestra esas conexiones, notándose que el tubo ya ha sido representado por símbolos más simples. Pata variar el brillo o luminosidad del punto en la pantalla se hace variar la tensión de grilla mediante un potenciómetro, que así toma el nombre de *control de brillo*. Para enfocar el haz se varía la tensión de una de las placas del cañón, mediante un potenciómetro que toma el nombre de *control de enfoque*.

La fuente tiene entonces sus dos polaridades (+) y (−) en los extremos de la serie de resistores para lograr las distintas polaridades. Nótese que la grilla se conecta a un punto más cerca del negativo que el cátodo, pues aquél electrodo, como es sabido, lleva siempre tensión negativa. Falta en la figura la conexión de la tensión alta para el revestimiento metalizado que actúa como acelerador de los electrones. A esta tensión alta se la designa generalmente con las letras A.T. y puede tener una fuente aparte o combinada con la fuente que da las tensiones que tenemos en la figura 163. Este detalle pertenece a los diseños de los circuitos de aplicación del tubo de rayos catódicos; en particular, el tubo que estamos tratando pertenecerá muy probablemente a un osciloscopio, ya que este tipo, con enfoque y deflexión electrostática, se usa para ese fin.

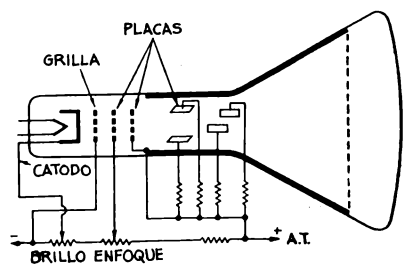


Fig. 163.- Forma de polarizar todos los electrodos de un tubo electrostático.

Conexiones del tubo electromagnético

Tomemos ahora el otro tipo de tubo que hemos descripto y veamos las conexiones que lleva para conseguir su funcionamiento. La figura 164 muestra un corte esquemático del mismo. El filamento, el cátodo emisor y la grilla de control del brillo, son idénticos al caso anterior. El juego de emisión se completa con una placa aceleradora del haz, necesaria para que el rayo catódico entre en la bobina de enfoque con la suficiente aceleración

para producir el movimiento helicoidal que hemos explicado (figura 159).

Pasamos luego a la bobina de enfoque, que está arrollada sobre el cuello del tubo, aunque en la práctica forma un cilindro que puede ser retirado a voluntad. El *control de enfoque* se logra variando la intensidad de la corriente que recorre la bobina respectiva; es decir que tenemos allí un potenciómetro para variar la corriente en la bobina de enfoque.

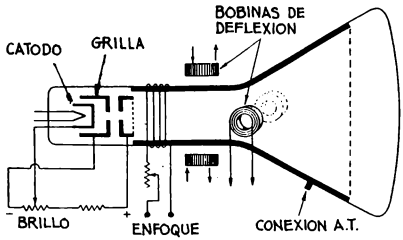


Fig. 164.- Forma de polarizar los electrodos en un tubo electromagnético.

A continuación vemos las bobinas deflectoras, las cuales se conectan a los circuitos que entregan las corrientes usadas para esa operación y que estudiaremos en el capítulo próximo. Finalmente tenemos el revestimiento acelerador del haz, con su conector para la alta tensión (A.T.) La pantalla frontal de imagen tiene su revestimiento fluorescente en la cara interna.

Para que el lector aprecie las diferencias que se producen en la práctica, pues hemos dicho que actualmente se usan dos clases de tubos: el electrostático, para instrumental y el de enfoque electrostático y deflexión magnética, para televisión, damos en la figura 165 el esquema de conexiones de este último tubo.

El cañón electrónico es igual al de la figura 163 y la deflexión es como la de la figura 164. La placa del cañón destinada al enfoque se suele llamar *primer ánodo* y el revestimiento metalizado *segundo anodo*. Obsérvese que la A.T. aceleradora es de 20.000 volt, cifra usual en televisores, y que el control de foco puede estar en esta fuente. Hay otra fuente de tensión menor para los restantes elementos del cañón, que incluye el control de brillo. Muchas veces el enfoque está colocado en el circuito de baja tensión.

Las bobinas deflectoras

La figura 157 nos dio una idea sobre la colocación del par de bobinas que se emplean para conseguir la desviación del haz en sentido vertical. Lógicamente, habrá que colocar otro par de bobinas para obtener la desviación en sentido horizontal. Interesa ver la ubicación real de esas bobinas y explicar algunas particularidades de la deflexión magnética.

Las bobinas deben colocarse adosadas al cuello del tubo, en la forma como lo muestra la figura 166. Vemos allí solamente un par, correspondientes a la desviación vertical. Los huecos que forman las bobinas allí representadas se emplean para alojar al par de bobinas destinadas a la deflexión horizontal.

El campo magnético producido en el interior del tubo debe ser uniforme, con líneas de fuerza bien

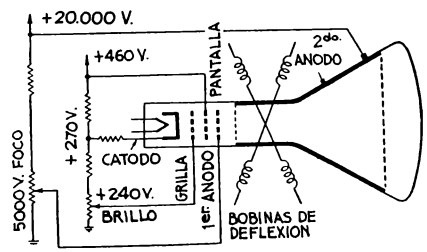


Fig. 165.- Circuito de polarización en un tubo mixto, o sea con enfoque electrostático y deflexión electromagnética.

paralelas. Después de muchos ensayos sobre la forma de estas bobinas se terminó por colocarles núcleo de hierro, porque de este modo se obtiene la condición antedicha. Entonces, el juego de bobinas deflectoras se construye según la ilustración sintetizada de la figura 167. Ambos pares de bobinas se superponen en los cruces para dejar un hueco perfectamente cilíndrico en el que calza el cuello del tubo. Este conjunto toma el nombre de *yugo deflector* y la posición correcta es arrimado al extremo del cuello donde comienza el ensanchamiento, el cual termina en el frente del tubo o pantalla frontal de imagen.

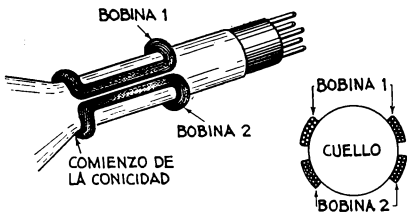


Fig. 166.- Ubicación de las bobinas deflectoras y corte transversal de las mismas.

La mancha iónica

Los tubos con deflexión electromagnética tienen grandes ventajas para uso en televisión; la primera es que están libres de la imperfecta ubicación de las placas deflectoras, la que por pequeña que sea produce deformación en la imagen. Otra ventaja es que esas placas presentan limitación del barrido o deflexión. Entonces, los tubos electromagnéticos gozan de preferencia. Pero en ellos apareció un defecto que felizmente ya ha sido solucionado: la *mancha iónica*. Consiste el fenómeno en la aparición de una mancha descolorida en el centro de la pantalla al cabo de algunas horas del funcionamiento del tubo. Esta mancha es tanto más notable cuanto más alta sea la tensión empleada en los ánodos aceleradores.

El origen del mal está en los iones gaseosos presentes en el interior del tubo. Sabemos que un átomo que pierde electrones se transforma en un ión positivo, el cual en el campo eléctrico sigue un recorrido inverso al de los electrones y por consiguiente va a parar a la grilla donde termina su cometido. Pero en el interior del tubo se asocian átomos gaseosos con electrones, por razones que aún no se han podido definir con precisión, dando por resultado *iones negativos*. Son cargas eléctricas muy pesadas que integran el haz electrónico, pero los sistemas de deflexión electromagnética no alcanzan a obrar sobre ellas y siguen un trayecto rectilíneo hasta el centro de la pantalla. Allí se produce una destrucción de la materia fluorescente y aparece la *mancha iónica* ya mencionada.

En los tubos de deflexión electrostática el fenómeno no ocurre porque el campo eléctrico desviante actúa sobre los iones negativos tanto como sobre los electrones, por lo que aquellos siguen formando parte del haz y no caen en el centro de la pantalla sino en todos los lugares de incidencia. El efecto destructivo queda así diluido y carece de importancia.

Debido a la difusión alcanzada por los tubos electromagnéticos el inconveniente que acabamos

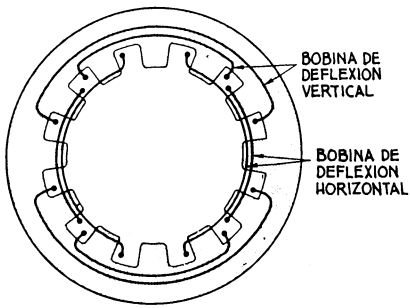


Fig. 167.- Corte transversal de un núcleo de hierro para bobinas deflectoras.

de describir ha merecido la dedicación de los laboratorios especializados y, felizmente, ya ha sido solucionado por completo.

Es evidente que la primer idea que surge para eliminar la mancha iónica es la de atacar su origen,

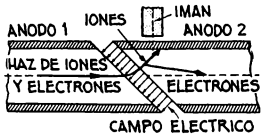


Fig. 168.- Forma de actuar de un iman externo como trampa iónica.

es decir, impedir la formación de iones negativos, pero hasta ahora nada se ha logrado en este sentido por lo que se buscaron otras soluciones.

Hay dos métodos eficaces para salvar el obstáculo: uno es el uso de trampas para iones negativos o trampas iónicas y el otro emplea el recurso de colocar filtros que impiden que los iones lleguen a la pantalla. Estos filtros son delgadas películas de aluminio.

La trampa iónica se basa en la diferencia de comportamiento entre iones y electrones, ya que ambos son desviados por el campo eléctrico, pero sólo los segundos sufren deflexión por acción de un campo magnético. En la figura 168 podemos ver en forma esquemática el principio constructivo de la trampa iónica.

Por el eje del tubo tenemos la proyección vertiginosa del haz de iones y electrones que llega al cañón electrónico formado por dos ánodos. En la parte en que estos ánodos se encuentran vemos la forma oblicua que se ha dado a las bases enfrentadas. Con ese tipo de corte se consigue que el campo eléctrico adopte la configuración que se indica en la figura. El haz de partículas cargadas negativamente, iones y electrones, se desplaza siguiendo la dirección de las líneas de fuerza del campo y en sentido contrario, luego se produce una desviación en el haz.

Aquí se debe aplicar una acción desviante que sólo actúe sobre los electrones. El imán externo obliga a los electrones a retomar la dirección inicial, pero los iones, más pesados, se proyectan contra las paredes del segundo ánodo y no continúan formando parte del haz.

Pero la solución moderna aprovecha una propiedad sumamente interesante de los rayos catódicos y es que sus electrones pueden atravesar fácilmente delgadas películas de metales poco densos, como el aluminio, por ejemplo. Las partículas eléctricas más pesadas no tienen esa facilidad de modo que los iones que acompañan al haz quedarían retenidos por una lámina filtrante. Esto ha permitido encontrar otra solución al problema de la mancha iónica, interponiendo en el camino del haz una lámina de aluminio.

Claro está que esta solución aparentemente sencilla tiene sus dificultades. Si hacemos un corte transversal de la pantalla y exageramos la proporción, veremos que la sustancia fluorescente se ha depositado sobre el vidrio en forma irregular, puesto que se trata de una mezcla de polvos activos con una substancia aglomerante. La ilustración de la izquierda en la figura 169 nos aclara sobre el particular.

Para producir la formación de una película de aluminio necesitamos alisar la superficie de la substancia fluorescente y ello se consigue de dos maneras. Una consiste en rellenar los huecos con material plástico y la otra, más práctica recurre a colocar una lámina de material plástico contra la substancias fluorescente, tal como se ilustra a la derecha en la figura 169. Luego se procede a depositar sobre la misma la película de aluminio por evaporación de un filamento de ese metal en un ambiente a baja presión.

La pantalla *aluminizada* no tiene mancha iónica, pero goza además de otras ventajas. La producción luminosa de la substancia fluorescente se irradia

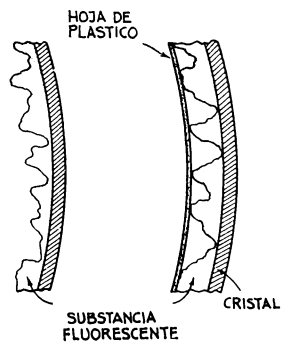


Fig. 169.- Corte muy ampliado de un pantalla aluminizada.

hacia adentro y hacia afuera. La película de aluminio sirve aquí de reflector y toda la luz es emitida hacia el exterior. Esto ocurre porque la película es transparente para los rayos catódicos pero opaca para los rayos luminosos. El pequeño inconve-

niente es una pérdida de aceleración de los electrones, que puede compensarse aumentando el potencial del ánodo acelerador.

Otra ventaja adicional de la pantalla aluminizada es que el espejo de aluminio impide la acumulación de cargas que trae el haz, lo que permite aumentar el brillo de la pantalla. También permite sobrecargas sin que se destruya la substancia fluorescente, destrucción parcial que hace aparecer a la pantalla con manchas marrones o *tostada.*

Día 14

Ahora ya sabemos cómo se logra un punto luminoso en la pantalla o frente fluorescente del tubo de rayos catódicos. A partir de este momento podemos encarar el tema referente a la manera de lograr que en la pantalla podamos observar una imagen luminosa de un fenómeno físico o eléctrico o una escena de televisión. Claro que respecto de esto último no podemos entrar de lleno en materia pues el asunto corresponde a los libros que tratan ese tema. Pero sí veremos el procedimiento para mover el punto luminoso, para que el mismo forme trazos y para que esos trazos correspondan al gráfico de la forma de onda de una señal o algo por el estilo. Los interesados en ahondar el asunto deben acudir a libros especializados en televisión, pues la extensión y particularidades de las explicaciones pertinentes escapan completamente a las posibilidades que tenemos en esta obra. Dedicaremos entonces la presente jornada a explicar la formación de imágenes en la pantalla de nuestro tubo de rayos catódicos y ya estamos en ello.

IMAGENES EN LA PANTALLA DEL TUBO

Deflexión con tensiones continuas

Una vez conocido el funcionamiento del tubo de rayos catódicos, en lo que se refiere a sus partes integrantes y a la acción de cada una de ellas sobre el haz electrónico, debemos comenzar a considerar el gobierno del tubo, para ir comprendiendo paulatinamente su uso. Nos referiremos al tubo electrostático por comodidad, pero el mismo estudio puede aplicarse al electromagnético.

Para estudiar la forma de las imágenes que se observarán en la pantalla podemos prescindir de todo el conjunto de partes cuya única misión es entregarnos un haz delgado y denso. En cambio nos ocuparemos detalladamente de las placas de deflexión. Una forma de facilitar la comprensión es ver el tubo de frente, e imaginar que las placas deflectoras se hallan ubicadas en el contorno de la misma pantalla. Aunque en la realidad están más atrás, para estudiar la deflexión puede suponerse que están en un mismo plano, como se ve en la figura 170.

La pantalla la suponemos circular, y las placas aparecen como vistas de perfil, que es como corresponde. Si conectamos una batería en las placas de deflexión vertical y nada en las otras, el punto aparece arriba del centro y tanto más cuanto mayor sea la tensión de batería. Para comprenderlo rápidamente piénsese que el punto es el extremo del haz, y que éste es un rayo de electrones o sea de cargas negativas que serán atraídas por el polo positivo; en este caso la batería tiene su polo positivo conectado a la placa superior, y por lo tanto el punto luminoso aparece donde se ve en la figura 170.

Si en lugar de conectar la batería con su polo positivo sobre la placa superior, invertimos la polaridad de modo que la placa inferior es ahora la positiva, el haz será atraído por dicha placa y el punto aparece donde se ve en la figura 171, o sea

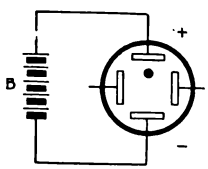


Fig. 170.- Ubicación del punto luminoso en la pantalla según la polaridad de la batería.

en la parte inferior de la pantalla, pero siempre sobre la línea vertical del eje o centro.

Si ahora conectamos la batería a las placas de deflexión horizontal ocurrirá algo parecido. Si conectamos la batería de manera que el polo posi-

tivo se una a la placa de la izquierda, tal como se ve en la figura 172, los eletrones serán atraídos hacia aquí y el punto luminoso se arrima hacia la izquierda. Las placas de deflexión vertical quedan sin conectar o están ambas a la misma polaridad,

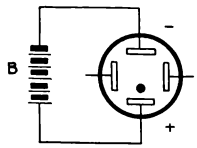


Fig. 171.- Ubicación del punto cuando se invierte la polaridad de la batería.

de modo que no tienen acción alguna sobre el rayo catódico.

Y finalmente, para observar puntos luminosos en otro lugar distinto, veamos lo que ocurre cuando se conectan dos baterías, una a cada juego de placas deflectoras; supongamos que las conectamos en la forma indicada en la figura 173, es decir con sus respectivos polos positivos arriba y a la derecha. El punto luminoso será atraído por dos fuerzas, que podemos suponer iguales si lo son las baterías, de modo que se desplazará hacia arriba y hacia la derecha simultáneamente. Aparecerá en el ángulo derecho superior.

Si se invierten una o las dos baterías, se puede hacer correr al punto hacia cualquiera de los cuatro ángulos de la pantalla, y reduciendo o aumentando las tensiones de las baterías se lo puede acercar o alejar del centro de la pantalla, de modo que el punto puede llevarse a cualquier parte deseada. Se ve que el gobierno es absoluto y que con sólo manejar las tensiones en el caso descripto, o las corrientes en las bobinas de deflexión magné-

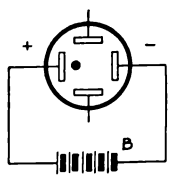


Fig. 172.- Ahora la batería la hemos conectado a las placas de deflexión horizontal.

tica, se gobierna la posición del haz. Con la inversión de polaridad de las baterías se consigue la inversión del sentido de la corriente en las bobinas de deflexión magnética, que tiene el mismo efecto señalado en el sistema electrostático.

Deflexión con tensiones variables

Ya hemos colocado el haz electrónico de manera que su punto de incidencia, que es precisamente el punto luminoso observado en la pantalla, aparezca en cualquier lugar de la misma. Y sólo se ha considerado la obtención de un punto luminoso, de modo que la tensión o las tensiones de deflexión eran constantes o de muy lenta variación.

Ahora, si la tensión aplicada a un par de placas, por ejemplo las verticales, no es constante, como resultaría si se conecta un reóstato en el circuito de alimentación de las mismas, la situación cambia para presentar las siguientes particularidades:

Supongamos que actuamos con el circuito de la figura 174, en el cual las placas para deflexión horizontal están desconectadas, de manera que no tienen acción alguna sobre el haz. En las placas verticales la tensión aplicada puede variarse desde cero hasta el máximo de la batería, con sólo correr

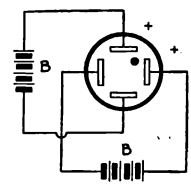


Fig. 173.- Si se aplican las dos tensiones deflectoras el punto toma esta posición.

el cursor desde el punto extremo inferior hasta el superior, respectivamente.

Si el cursor está en el extremo B, el punto luminoso no recibe ninguna acción desviante, y lo veremos en el mismo centro de la pantalla. Si corremos el cursor hacia A, observaremos que el punto luminoso va subiendo y se corre hacia arriba por la línea vertical que pasa por el centro de la pantalla. Cuando llega el cursor al punto A la tensión total de la batería actúa entre las placas y el punto llega a su posición máxima superior. Pero hemos supuesto que los movimientos eran lentos, y por tal motivo el punto luminoso sufría una traslación también lenta.

Pero si corremos el cursor muy rápido, tanto como para que actúe la persistencia de la substancia fluorescente o la del ojo del observador, no alcanzaremos a distinguir el movimiento del punto desde el centro de la pantalla hasta la parte superior, sino que veremos una raya luminosa como lo muestra la figura. Ello se debe a que antes de que se borre la impresión luminosa inicial, producida

por el punto cuando está en el centro, ya llega al ojo la impresión siguiente y las demás hasta la última, produciendo una sensación ininterrumpida o continua.

En la forma descripta se pueden obtener rayas luminosas verticales u horizontales, desde el centro

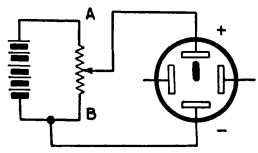


Fig. 174.- Si se varía la tensión deflectora el punto forma una raya luminosa.

hasta el borde o a través de toda la pantalla, pues se puede invertir la tensión de la batería al mismo tiempo que se la hace variar. En una palabra, si se producen corrimientos rápidos del punto sobre la pantalla no podremos notar que se trata de un punto, sino que aparecerá una raya luminosa.

Si en lugar de aplicar una batería cuya tensión reducimos con un reóstato, invertimos con un conmutador y aplicamos una tensión alternada, tendremos automáticamente las variaciones desde cero hasta el máximo y la inversión de polaridad. Si se trata de la tensión alternada industrial, su frecuencia es de 50 ciclos por segundo, lo que ya tiene variaciones tan rápidas que no podrá observarse el punto luminoso.

En la figura 175 se muestra la conexión de una tensión alternada a las placas verticales. Sabemos que el punto luminoso será atraído desde el centro

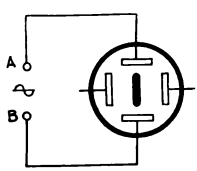


Fig. 175.- Aplicando una tensión deflectora alternada la raya luminosa toma esta dimensión.

a la placa superior durante el semiciclo positivo y hacia la placa inferior durante el semiciclo negativo, pues equivale a una inversión de polaridad. Pero todo esto es tan rápido que notaremos una raya luminosa en la pantalla, tal como se ve en la figura.

Si en lugar de aplicar la tensión alternada a las placas verticales la aplicamos a las horizontales, como se ve en la figura 176, la raya luminosa se verá en posición horizontal. Hacemos notar que cuando decimos placas verticales nos referimos a la acción de deflexión y no a su posición geométrica. Es costumbre dar a las placas el nombre correspondiente a la dirección en la que producen la desviación, sin contemplar su posición dentro del tubo. Lo mismo pasa con las bobinas para deflexión magnética: resulta más simple referirse a la dirección en que realizan la operación de deflexión o barrido que a la posición geométrica del eje o de los planos frontales de tales bobinas. La excusa es que la teénica avanza muy rápidamente en esta época y aparecen cada día nuevos términos y definiciones que hay que tratar de simplificar en lo que concierne a la descripción.

Veamos ahora lo que ocurre cuando aplicamos tensiones alternadas a los dos pares de placas.

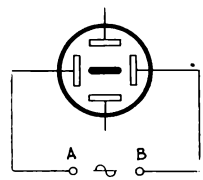


Fig. 176.- También puede obtenerse una raya luminosa horizontal.

Primeramente estudiaremos lo que sucede cuando las dos tensiones son de la misma frecuencia y están en fase, como se ve en la figura 177. A objeto de encontrar la raya luminosa debemos determinar las posiciones sucesivas que va tomando el punto luminoso, y para tal fin es conveniente representar gráficamente un ciclo de cada una de las dos tensiones.

Al gráfico correspondiente a la tensión aplicada a las placas de deflexión horizontal lo dibujamos arriba, sobre un eje vertical, para que los valores que va tomando la tensión durante un ciclo queden dibujados en posición horizontal; lo mismo, al gráfico de la tensión aplicada a las placas de deflexión vertical lo dibujamos sobre un eje horizontal, para que las magnitudes instantáneas aparezcan en sentido vertical.

No hay inconveniente alguno, si suponemos que el valor de la desviación coincide con el valor gráfico de la tensión en cada instante, para simplificar la tarea de hallar la posición del punto luminoso en

tal instante. Dividimos también el ciclo en 8 octavos, cada uno de los cuales tiene la misma duración, y hallaremos la posición del punto en esos ocho instantes diferentes. En los ciclos siguientes se repetirá el proceso, y la raya luminosa quedará

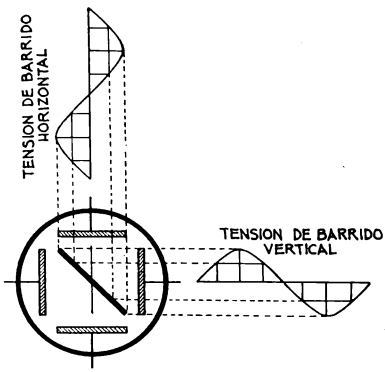


Fig. 177.- Si se aplican dos tensiones alternas de la misma frecuencia y fase a los pares de placas resulta una raya luminosa oblicua.

ubicada en el mismo lugar encontrado, de modo que basta determinarla para un ciclo.

En el instante inicial las dos tensiones tienen valor cero, de modo que el punto luminoso estará en el centro de la pantalla. Un octavo de ciclo más tarde el punto luminoso aparece un poco arriba a la izquierda; otro octavo después llega a la posición más desviada arriba a la izquierda y comienza a descender, pasando por los mismos puntos por donde subió. Es evidente que cada punto se encuentra trazando las rectas auxiliares que aparecen punteadas en la figura, y que se cortan en la pantalla en el lugar donde aparecerá el punto luminoso.

Después de medio ciclo el punto ha vuelto al centro y comienza a descender hacia la derecha, hasta llegar a seis octavos de ciclo, o sea a tres cuartos del tiempo de un ciclo, que se llama *período*. De aquí vuelve a descender hasta el centro de la pantalla, donde llega al cumplirse el ciclo completo. Se nota de inmediato que las sucesivas posiciones del punto luminoso están sobre una línea recta, oblicua. Si las dos tensiones son iguales, la inclinación de la recta es de 45° y si son distintas, varía.

Veamos ahora lo que ocurre cuando las dos tensiones alternadas son de la misma frecuencia pero no están en fase, es decir que los pasos por los valores máximos y mínimos no ocurren en el mismo instante. En primer lugar exceptuamos de la descripción el caso en que el defasaje sea de medio ciclo justo, porque en tal caso sucederá lo mismo que se explicó recién, ya que si dos tensiones tienen un defasaje de medio ciclo están en oposición de fase, y eso equivale a un simple cambio de polaridad entre ellas; quiere decir que cuando una pasa por el máximo positivo la otra pasa por el máximo negativo y viceversa. Los instantes de paso por valores nulos coinciden. En ese caso la raya luminosa en la pantalla será una línea recta igual a la anterior pero inclinada en el otro sentido.

Para encontrar alguna novedad en el aspecto de la raya o figura luminosa en la pantalla, debemos defasar las dos tensiones en una cantidad que no sea exactamente medio ciclo, y podemos empezar con un cuarto de ciclo. En medidas de ángulos de defasaje, un cuarto de ciclo corresponde a 90°, de manera que dos tensiones que guarden ese defasaje serían las que se encuentran en los bornes de una resistencia y un capacitor en un mismo circuito de corriente alternada.

En la figura 178 se ha hecho la construcción geométrica de la figura que se obtiene en la pantalla. Para tal fin se han dividido los dos gráficos de las tensiones correspondientes cada uno a un ciclo completo, en ocho partes. En cada instante las tensiones tienen valores que se encuentran en el

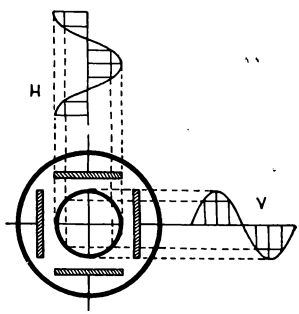


Fig. 178.- Si las tensiones alternas deflectoras están defasadas un cuarto de ciclo, resulta un círculo luminoso.

gráfico y que permiten trazar las líneas punteadas auxiliares, que se cortan en la pantalla en un punto que es la posición del punto luminoso en ese instante. Extremando la subdivisión del ciclo se llega a obtener un círculo en la pantalla.

De modo que cuando las tensiones alternadas aplicadas a ambas placas de deflexión están defasadas de un cuarto de ciclo, el punto luminoso describe un círculo en la pantalla, y debido a la persistencia ésa sería la figura que veremos.

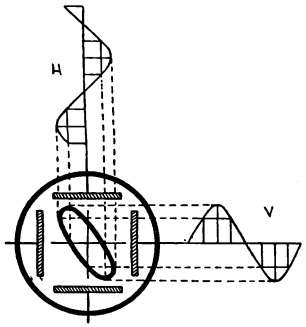


Fig. 179.- Si las tensiones deflectoras no son iguales ni están en fase la imagen luminosa es una elipse.

Si el defasaje no es exactamente un cuarto de ciclo, o si la amplitud de las dos tensiones no es la misma, el círculo se deforma y aparece una elipse. Vemaos cómo sucede esto. Si el defasaje es un cuarto de ciclo, como en la figura 178, pero el valor máximo de la tensión horizontal es menor que el de la vertical, el círculo se verá achatado, o sea tomará forma de elipse. Si por el contrario la menor es la tensión vertical, el círculo se estrecha en lugar de achatarse, y veremos una elipse, pero parada en vez de acostada.

Más interesante es la elipse que aparece si las dos tensiones son de distinta amplitud y además el defasaje difiere del cuarto de ciclo. Vale la pena hacer la construcción gráfica de las sucesivas posiciones que va tomando el punto luminoso, lo que se muestra en la figura 179.

El defasaje elegido resultó de un octavo de ciclo, o sea de 45° hablando de ángulos. Construyendo la figura por puntos, sobre la pantalla, como hicimos en otras oportunidades, cada instante nos da un punto en la pantalla, mediante dos rectas punteadas que arrancan de la curva gráfica del ciclo de cada tensión. Comprobamos que la figura que veremos será una elipse inclinada. La inclinación y la relación entre las dimensiones transversales de la elipse varía con el defasaje y con la diferencia de amplitud entre las dos tensiones, llegando a tomar el aspecto circular cuando las amplitudes son iguales y el defasaje es de un cuarto de ciclo, según ya sabemos.

Finalmente falta considerar el caso de que las dos tensiones alternadas no tengan la misma frecuencia. Consideremos por ejemplo el caso de que una de ellas tenga doble frecuencia que la otra, por ejemplo, la aplicada a las placas de deflexión horizontal será de 100 ciclos por segundo y la de deflexión vertical de 50 ciclos por segundo. Es evidente que la figura que se obtenga será la misma para otras frecuencias, siempre que una sea doble de la otra. (Ver figura 180).

Para comodidad de la construcción gráfica supondremos que coinciden los instantes en que las tensiones pasan por el valor nulo. Dividimos el ciclo en 8 partes como otras veces y trazamos rectas punteadas auxiliares desde los dos gráficos hasta la pantalla. Donde se corta cada par de ellas que correspondan a un mismo instante, se tiene la posición del punto luminoso en ese mismo instante. Una vez que terminamos con el ciclo entero de la vertical, que corresponde a dos ciclos enteros para la horizontal, vemos que la figura obtenida tiene la forma de un número ocho y eso será lo que veremos en la pantalla.

Si desplazamos ligeramente el gráfico de una de las dos tensiones, de modo que no coincidan los instantes de valor nulo en ambos gráficos, también se obtiene un ocho, pero deformado hacia un lado o hacia otro, según el sentido del desplazamiento de las curvas. No vale la pena seguir considerando estos detalles, pues en la práctica tienen poca utilidad. En cambio, entraremos ahora a considerar lo que sucede con otras formas de variación de las tensiones de deflexión, que no sean senoidales, pues es más interesante.

Deflexión con tensiones "diente de sierra"

Cuando nos referimos a emplear tensiones alternadas para la deflexión o barrido del haz electró-

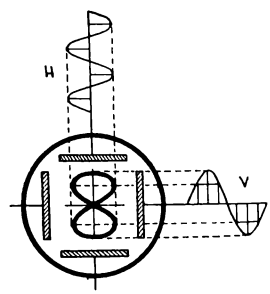


Fig. 180.- Si una de las tensiones tiene doble frecuencia que la otra la imagen resultante tiene forma de 8

nico, admitimos tácitamente que eran senoidales. Se podría estudiar la forma de las figuras que se pueden ver en la pantalla cuando las tensiones de barrido no son perfectamente senoidales, sino que tienen otras formas de onda. Pero de todos los casos interesan especialmente los que se refieren a las tensiones de variación lineal, y aun un caso particular de las mismas que toma el nombre de *ondas diente de sierra.*

A efectos de ver lo que sucede en la pantalla cuando se aplican tensiones de este tipo, comenzaremos por aplicar una onda "diente de sierra" a uno de los pares de placas, por ejemplo a los de barrido horizontal, mientras que al otro par le aplicamos una tensión alternada senoidal común, pero de igual frecuencia que la "diente de sierra". En la figura 181 se aclara lo dicho, y de paso vemos el aspecto de la forma de onda "diente de sierra", que justifica su nombre.

Veamos cómo se mueve el punto luminoso que inicialmente está en el centro de la pantalla, al actuar las dos tensiones; primero analicemos separadamente lo que hace cada una de esas tensiones. Si sólo actúa la "diente de sierra", el punto se traslada rápidamente hacia la izquierda en un tiempo teóricamente nulo, pero que en la práctica tendrá una duración pequeña; llegado al extremo izquierdo comienza a moverse lentamente hacia la derecha hasta llegar al extremo derecho y de aquí vuelve bruscamente al centro de la pantalla en tiempo muy reducido.

Si sólo actúa la tensión senoidal, el haz se mueve desde arriba hacia abajo y viceversa en la forma conocida. El trazo sobre la pantalla es una línea gruesa vertical. El trazo de la onda "diente de sierra" es una línea gruesa horizontal que cubre a la línea fina del movimiento rápido. Y decimos fina, porque si el haz se desplaza muy rápido, a cada punto por donde pasa llegan pocos electrones, en virtud de que se detienen un instante brevísimo en cada punto barrido. Y al llegar pocos electrones el efecto fluorescente y la persistencia son mucho menores, produciéndose una luminosidad menor que si el desplazamiento es lento.

Pero veamos cómo pasan las cosas cuando actúan simultáneamente las dos tensiones: la senoidal y la "diente de sierra". Se puede hacer la construcción gráfica por puntos, considerando octavos de ciclo, como hicimos en las ocasiones anteriores ya tratadas y obtener toda la curva resultante en la pantalla. Es lo que se ve en la figura 181. Pero debe considerarse que mientras la onda "diente de sierra" avanza lentamente, el contacto del haz con la pantalla es normal y produce puntos luminosos brillantes y gruesos, y mientras la onda tiene sus trazos verticales inicial y final el haz se mueve horizontalmente pero con enorme velocidad y produce un trazo fino y poco brillante. Decimos horizontalmente, porque en los instantes que la "diente de sierra" tiene trazos verticales respecto de su eje, la senoidal pasa por los valores nulos inicial y final del ciclo.

En resumen, barriendo en las placas horizontales con una tensión "diente de sierra" y aplicando a las verticales una tensión alternada cualquiera, en la pantalla se puede ver la forma de onda de esta tensión. Esto tiene una aplicación muy importante en los oscilógrafos para laboratorio.

Pero no hicimos hincapié en la cuestión de que, para ver la senoide como se mostró en la figura 181, se deben cumplir ciertos requisitos. En primer lugar queremos ver un solo ciclo completo de nuestra tensión senoidal, y por ende, tenemos que aplicar un barrido "diente de sierra" de la misma frecuencia que la onda a observar. En segundo lugar se deben cuidar las relaciones de fase, o hacer coincidir los instantes en que las ondas en estudio y de barrido pasan por sus valores nulos, dos veces en cada ciclo.

Para resaltar lo que ocurre cuando no se cumplen esos dos requisitos, veamos unos ejemplos. En primer lugar, supongamos que el barrido no se halla en fase con la tensión en estudio. La figura 182 es suficientemente clara al respecto, y haciendo la construcción gráfica de la imagen que se verá en la pantalla encontramos la figura ilustrada. Sabemos que mientras la onda "diente de sierra" tiene sus flancos casi verticales, el haz tiene gran velocidad y deja una raya fina y poco luminosa en la pantalla. Aquí tenemos un indicio claro de cuándo se está aplicando un barrido en fase o no, pues la estela luminosa de retorno no cae en el centro de la pantalla sino en otro lugar, que en este caso es arriba.

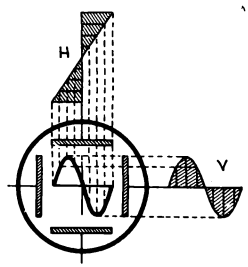


Fig. 181.- Aplicando una tensión deflectora horizontal "diente de sierra" y una alterna senoidal como deflectora vertical, la imagen obtenida es una senoide.

Si se quiere ajustar la fase, variando la tensión de barrido en su velocidad de desplazamiento de fase, para lo cual se tendrá un control adecuado, se observa que la imagen se corre lateralmente y el trazo fino de cierre se desplaza de arriba hacia

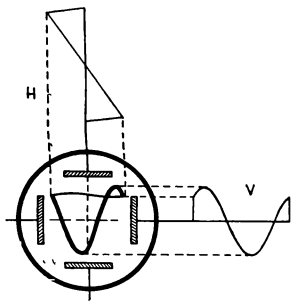


Fig. 182.- Si las tensiones deflectoras de la figura 181 no están en fase se obtiene la imagen que aquí se muestra.

abajo y viceversa; cuando lo ubicamos en el centro de la pantalla, notaremos la senoide bien centrada, tal como se vio en la figura 181.

Veamos ahora lo que ocurre cuando la tensión de barrido no tiene la misma frecuencia que la senoidal a observar. Tomemos el caso más simple que es el de doble frecuencia. Se desea visualizar una tensión de 100 ciclos por segundo, por ejemplo, con un barrido "diente de sierra" de 50 c/s. En la figura 183 se ve la construcción gráfica que resulta y que permite obtener en la pantalla dos ciclos de la tensión senoidal para un ciclo de barrido. Eso cuando la frecuencia de la onda "diente de sierra" es justo el doble y está en fase en el instante inicial con la onda senoidal.

Si tales condiciones no se cumplieran se ve en la pantalla un conglomerado de curvas de raros aspectos, que se mueven continuamente en desplazamiento lateral. Para fijar las curvas hay que ir variando la frecuencia del barrido y su fase, hasta detener las figuras. Cada vez que al ir variando la frecuencia del barrido se pasa por un valor múltiplo exacto de la senoide, o un submúltiplo también exacto, se ve en la pantalla una curva fija. Así, si el barrido tiene el doble de frecuencia que la senoide, se ve medio ciclo de ésta en la pantalla, y si el barrido tiene la mitad, la tercera o la cuarta parte de la frecuencia que tiene la onda senoidal, se verán en la pantalla dos, tres o cuatro ciclos de esta última simultáneamente.

Barrido de exploración

Por último llegamos al caso más interesante que es el doble barrido "diente de sierra". En efecto, para la exploración en televisión y obtener la imagen en la pantalla, se emplean barridos de este tipo, y con distinta frecuencia en la deflexión vertical y horizontal.

Supongamos que aplicamos al par de placas de barrido horizontal una tensión "diente de sierra" de frecuencia cuatro veces mayor que la que aplicamos a las placas de barrido vertical, tal como se ve en la figura 184.

Haciendo la construcción gráfica se encuentra en seguida en la pantalla la imagen que se obtiene. Debe recordarse que mientras la "diente de sierra" pasa por sus valores de suave variación, el trazo es grueso y muy luminoso, y cuando pasa por sus valores de variación brusca, o sea por las partes verticales de los dientes, el trazo en la pantalla es fino y poco luminoso, y hasta puede conseguirse que desaparezca con sólo debilitar la luminosidad del haz. Esto último se consigue con el control de grilla, según sabemos.

De manera que mediante las dos ondas "diente de sierra" que hemos aplicado tenemos un barrido en zigzag en la pantalla, con suave avance y brusca vuelta atrás. Tenemos, pues, fijada la manera de conseguir el barrido o exploración electrónica de la imagen. En la práctica, no se puede hacer con tan

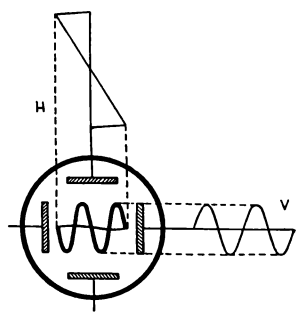


Fig. 183.- Imagen obtenida cuando la tensión senoidal es de doble frecuencia que la del barrido "diente de sierra".

pocos ciclos por segundo como hemos presentado de modelo, sino que la cantidad de ciclos del barrido horizontal es 15.625 por segundo en la Argentina, y el barrido vertical debe hacerse en un tiempo menor de 1/25 de segundo, de modo que la

frecuencia de esa onda será de 25 ciclos por segundo como mínimo. En estas condiciones, con cambio de escena 25 veces por segundo no se puede percibir tal cambio, y con barrido horizontal de 625 líneas en el alto de la pantalla, por

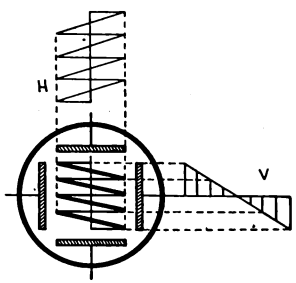


Fig. 184.- Dos tensiones "diente de sierra" producen lo que se llama barrido de exploración.

ejemplo, se recorre la imagen con un haz delgadísimo y con trayectorias contiguas, de modo que la imagen luminosa que se percibe en cada veinticincoavo de segundo responde a la escena tomada en el estudio de transmisión.

El tubo de televisión

Hasta aquí hemos considerado al tubo de rayos catódicos desde los puntos de vista constructivo y del gobierno del enfoque y deflexión. El haz de electrones tiene una densidad constante, se lo ha concentrado para que produzca un punto luminoso pequeño y brillante y podemos desplazarlo con rapidez a todos los lugares de la pantalla. Si no se pudiera hacer más con él, prestaría utilidad para observar fenómenos eléctricos variables (oscilógrafos, radar, etc.).

Pero recordemos que la grilla del tubo puede gobernar la densidad del haz o sea la luminosidad del punto. Quiere decir que si además de moverlo en todas direcciones le variamos la densidad desde cero a un máximo tendremos en la pantalla un punto luminoso que la recorre totalmente dibujando un cuadro con distintas luminosidades, desde el negro hasta el blanco intenso.

Si pudiéramos controlar en forma manual con mucha rapidez la luminosidad del punto, tan velozmente como para que una vez recorrida toda la pantalla en zigzag persista aún la emisión luminosa del lugar inicial, se podría obtener la imagen de cualquier figura, fotografía, etcétera. Y si inmediatamente comenzamos a recorrer en zigzag otra vez la pantalla dando al punto diferentes intensidades mediante acción eléctrica sobre la grilla, tendremos otra imagen. La imaginación nos lleva ya al final, pues las diferentes imágenes pueden tener ligeras variaciones con respecto a las que le siguen en sucesión, en forma similar al proceso del cinematógrafo, con lo que la pantalla nos mostrará escenas vivas, es decir que llegamos a la televisión.

Todo lo que hace falta para lograr el objetivo descripto es hacer mover al punto en zigzag con mucha rapidez y darle luminosidades variables en concordancia con la escena captada por la cámara de toma. Lo primero se consigue con los circuitos de barrido en "diente de sierra" de los que ya nos ocupamos. La luminosidad del punto se obtiene con una tensión variable aplicada a la grilla del tubo, tensión que es la señal de *videofrecuencia*, que nos envía el transmisor con ayuda de una onda portadora. Este tema puede ser estudiado en forma mucho mas detallada en un libro sobre Televisión. Para esta obra lo damos por agotado.

Día 15

Tal como hicimos con las válvulas, hemos dejado para la parte final los detalles prácticos referentes al uso de los tubos, conexiones a realizar en los zócalos, datos que suministran los manuales y forma de realizar los reemplazos, cuando no se consigue una unidad de reposición exactamente igual a la existente. Del mismo modo como ocurría con las válvulas, encontraremos dos grupos de tubos, conocidos como pertenecientes a las series americana y europea, con diferencias en las denominaciones. En la práctica de uso de los tubos se eligen los integrantes de una u otra serie por razones de costumbre o circunstanciales. Lo importante es que sepamos la manera de conectar un tubo, los valores de polarizaciones requeridos y toda la información que sobre los mismos suministra la fábrica. Y al abordar la última jornada cabe hacer la reflexión sobre si hemos aprovechado el esfuerzo realizado para seguir todo el desarrollo, si hemos asimilado todo lo que se explicó y si hemos vuelto atrás toda vez que ello fue necesario. Si las respuestas son afirmativas, seguramente el resultado ha sido positivo. Encaremos, pues, la última jornada para coronar la tarea.

USO DE LOS TUBOS – REEMPLAZOS

Los tubos para uso en instrumental, como son los osciloscopios, indicadores varios, radar, etcétera, no han experimentado una evolución constructiva que merezca destacarse, salvo el detalle de una cierta tendencia a usar para tales fines tubos de frente rectangular. La evolución significativa se operó en los tubos para televisión. Los primeros televisores usaban tubos circulares hasta que la industria los produjo con frente rectangular.

Dimensiones de los tubos

Conviene aquí hacer notar que la imagen en el tubo no es cuadrada sino rectangular, y la proporción entre la dimensión mayor, el ancho, a la menor, el alto, está en la relación 4-3 que corresponde a la habitual en cinematografía; la adopción de tal proporción se debió precisamente a esta última circunstancia apoyada en razones psicológicas.

En los tubos de frente circular como son los pequeños hasta unos 25 centímetros de diámetro y los primitivos de mayor tamaño, también circulares, había que inscribir un rectángulo con la proporción 4 x 3 para reproducir la imagen, pero para aprovechar más el tamaño del tubo se acude a dar a la imagen la forma de un cuadrilátero de lados horizontales rectos y verticales circulares, como se puede ver en la figura 185. A la derecha se ve la forma de la pantalla en los tubos rectangulares, en los que la proporción de ancho a alto es 4 : 3.

La tendencia en la fabricación de tubos se ha caracterizado por una rápida evolución hacia modelos más prácticos, más grandes y de menor complejidad de ajuste. Dentro de esa corriente notamos en forma destacada tres aspectos diferentes: uno se refiere al tamaño que se caracteriza por lograr mayores dimensiones de la pantalla y menor longitud del tubo; otro se refiere a eliminar los ajustes que sólo deben hacerse una vez y el tercero a simplificar las operaciones de instalación.

Veamos en primer término lo referente al tamaño. En la figura 186 se ilustra la evolución constructiva de los tubos, partiendo de los primeros que se empleaban para televisión por razones de oportunidad pues habían sido diseñados para oscilógrafos, radar y aplicaciones similares. El ángulo de deflexión, que se mide en la forma indicada en la figura, era, en el mejor de los casos, de 30º, y de este modo se tenían longitudes de más de 60 cm. para ancho útil de pantalla de 10 a 15 cm. Cuando se perfeccionó el proceso constructivo de tubos para televisión, se les dio forma rectangular al frente o pantalla, y el ángulo de deflexión fue, durante un tiempo, de 70°. Más adelante tuvimos los tubos de 90º que son los que todavía

abundan en nuestro país, y que tienen prácticamente el mismo largo que ancho, y hoy día se fabrican los tubos con ángulo de deflexión de 114° que permiten colocar los tubos en gabinetes de profundidad reducida. Y no es esta la última palabra, pues existen varias patentes de tubos especiales en los que el cañón electrónico y los haces se mueven paralelamente a la pantalla, lográndose un fondo de escasos centímetros.

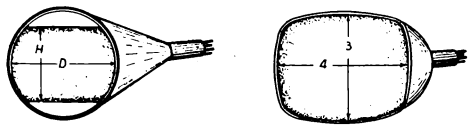


Fig. 185.- Pantalla aprovechable en los tubos circulares y proporción entre sus dimensiones en la pantalla rectangular.

Desde el punto de vista del funcionamiento no hay diferencias sustanciales entre los tubos de diferentes ángulos de deflexión, de modo que las referencias anteriores tienen carácter ilustrativo. En cuanto a las dimensiones de la pantalla la preferencia del público se ha inclinado por los tubos de 50 a 60 cm. de diámetro.

Al hablar del diámetro del tubo, paracería que nos estamos refiriendo a los de frente circular, pero se ha tomado la costumbre de denominarlos por el diámetro del círculo externo que contiene exactamente la forma de la pantalla, tal como lo muestra la figura 187. Así hablamos de un tubo de 53 cm (23 pulgadas) y sabemos que su ancho y alto guardan la proporción 4:3 antes establecida, pero ese rectángulo con bordes redondeados está inscripto en un círculo con el diámetro de 53 cm. Los fabricantes se han ingeniado para hacer más chicas las partes redondeadas de los ángulos y de este modo tubos con dimensiones menores aparecen en el mercado como de medidas mayores.

Ajustes iniciales del tubo

Pasando a lo referente a la practicidad en los ajustes iniciales, diremos que en la actualidad se han impuesto en forma que parece definitiva los tubos electromagnéticos, con los que se elimina el problema de la deflexión defectuosa por infinitésimas deficiencias constructivas. Las bobinas deflectoras se hacen en forma de *yugos* que se colocan directamente en el cuello del tubo, arrimadas al cuerpo del mismo. Al ajustar el equipo se las gira hasta lograr que la imagen quede con sus bordes paralelos a los del gabinete y luego se fija de diferentes maneras para evitar futuros desplazamientos.

El centrado de la imagen no puede dejarse librado a la perfección constructiva del yugo, cuyo eje magnético debe coincidir con el mecánico y con el del cuello del tubo. Se ha preferido colocar un dispositivo auxiliar de centrado que ha adquirido actualmente máxima simplicidad. En efecto, la figura 188 nos muestra el centrador más difundido, que consiste en un disco de cartón al que se adosan dos imanes que pueden ser movidos en dirección circular mediante dos manijas salientes. El disco se coloca adosado al yugo deflector y cuando se ajusta inicialmente el tubo se giran hacia uno u otro lado las manijas hasta conseguir que la imagen quede centrada en el frente del mismo.

Otro aspecto que ha hecho aguzar el ingenio de los fabricantes es el problema del enfoque, en el cual se ha llegado a una simplificación máxima. El origen del problema fue otro: la escasez de alambre de cobre durante la última guerra hizo volver al enfoque electrostático y sobre esta decisión se trabajó en los laboratorios dando diferentes formas a los ánodos para llegar al sistema ilustrado en la figura 189 en forma esquemática. Por una ingeniosa disposición relativa de los tres ánodos de enfoque, de los cuales el N°4 en el orden desde el cátodo se hace en forma de cilindro envolvente, se

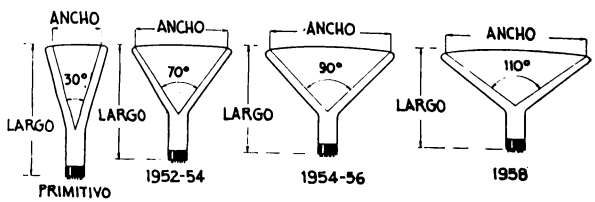


Fig. 186.- Evolución constructiva de los tubos de imagen.

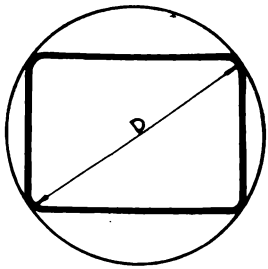


Fig. 187.- La dimensión con que se designa a los tubos es el diámetro del círculo que contiene exactamente al frente del tubo.

consigue lo que se llama *enfoque automático* o enfoque, con potencial nulo en 4° ánodo. Este último se conecta al cátodo y los otros dos, anterior y posterior, reciben una tensión aceleradora en la forma conocida. Estos tubos tienen mayores exigencias constructivas, pero se han difundido rápidamente.

También cabe hacer mención del problema del filtro de la fuente de alta tensión para el ánodo final, donde se trabaja con cifras del orden de los 15.000 á 20.000 volt. Los capacitores para ese filtro eran costosos y acusaban perforación del dieléctrico con bastante frecuencia. Ya se ha solucionado esta cuestión haciendo un doble revestimiento del tubo, uno interno que es el ánodo acelerador y otro externo que forma con el primero un capacitor excelente, que sirve para el filtro de la alta tensión mencionada. El revestimiento se hace con una sustancia llamada *aquadag* que es una dispersión coloidal de grafito o litio y que se aplica como una pintura de aspecto grisáceo. El interno se conecta a la fuente de alta tensión y el externo va a masa o chasis. Actualmente casi todos los tubos se fabrican de esta manera, pues la eficacia del sistema ya está probada.

Hay un detalle que conviene mencionar y es que delante del tubo se aconsejaba colocar un cristal especial, que tenía en su masa substancias filtrantes de los rayos irradiados por el tubo debido a la muy alta tensión de trabajo. Debido a que el usuario prescindía de ese cristal filtrante y esos rayos podían ser nocivos, los fabricantes optaron por hacer los tubos con el cristal adosado en caliente al frente, tubos que han tomado el nombre de *laminados*. En la actualidad todos los tubos para televisión son de este tipo.

Datos sobre las pantallas de los tubos

Se construye una gran variedad de tubos de imagen, desde los más pequeños para usar como indicadores en instrumentos de laboratorios hasta los más grandes destinados a los televisores. El más chico que se encuentra en el mercado es el de 2,5 cm de diámetro (1 pulgada), y lo podemos ver en la figura 190. Lleva la característica 1CP1 y tiene pantalla circular. Con él se hacen pequeños osciloscopios y otros instrumentos, como indicadores de la profundidad de modulación para transmisores, etcétera. Aumentando el diámetro de la pantalla de los tubos circulares, vulgarmente llamados *redondos*, tenemos los de 5 cm, los de 7,5, los de 12,5 y 17,5 cm que corresponden a los diámetros

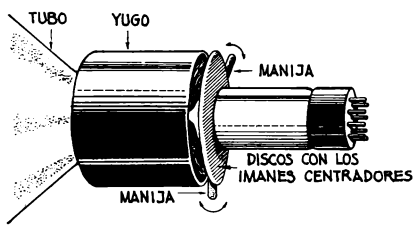


Fig. 188.- Imanes correctores que permiten centrar la imagen en el frente del tubo.

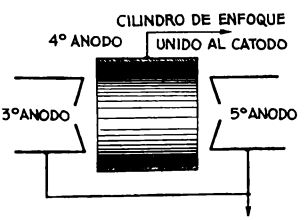


Fig. 189.- Colocación del ánodo de enfoque para obtener el centrado.

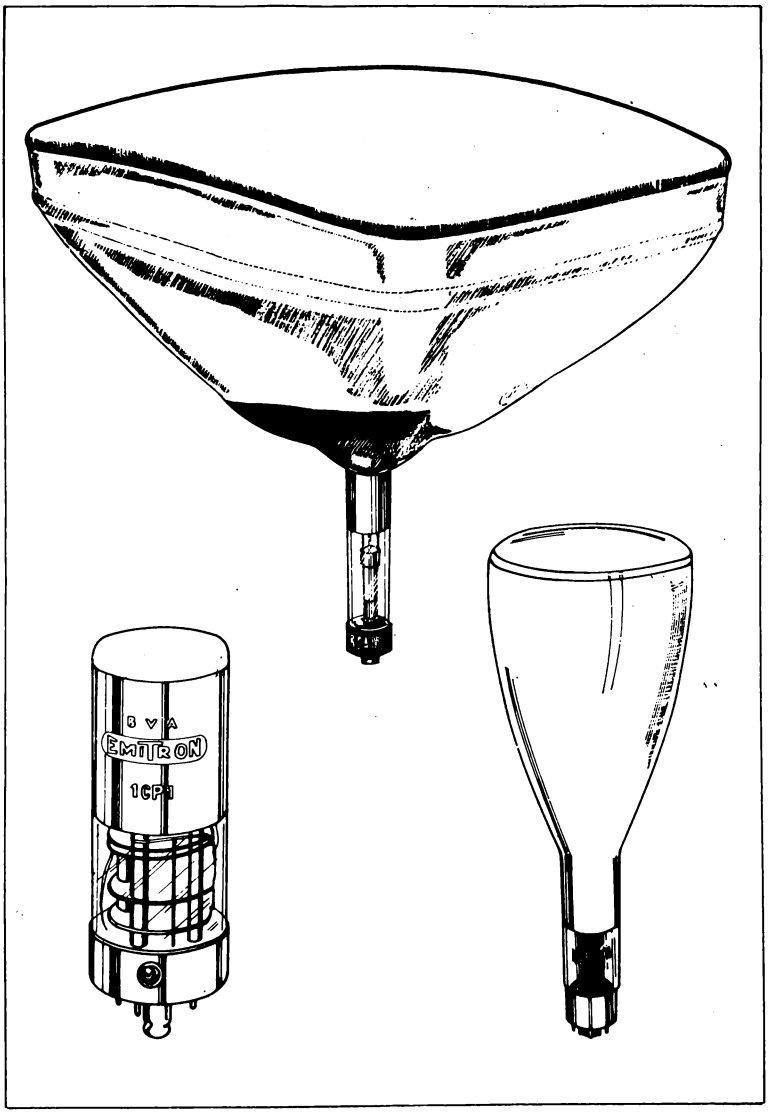


Fig. 190.- Aspecto de algunos tubos típicos que se obtienen en el mercado.

dados en pulgadas de 2, 3, 5 y 7 pulgadas. En la misma figura 190 se muestra uno de los clásicos tubos para osciloscopios de 12,5 cm de diámetro. Y luego comienzan los tubos de pantalla rectangular, de los cuales sabemos que se da la dimensión por el diámetro del círculo circunscripto. En la figura 190 vemos un tubo de 53 cm de pantalla.

En los manuales de fábrica se consignan los datos referentes a los tubos en forma similar a las válvulas y hay casos en que tubos y válvulas aparecen en un mismo manual. Es general que el primer número de la características se refiera al diámetro, en los tubos de la serie americana, mientras que en los de la serie europea el número que determina el diámetro viene después de una letra o grupo de letras. El último número indica generalmente el color de la luminosidad. Por ejemplo, un tubo 5UP1 es de la serie americana, de 5 pulgadas (12,5 cm) de diámetro, y la imagen es de color blanco, mientras que un tubo DG7/6 es de la serie europea, de 7,5 cm de diámetro, y la imagen es verde.

La letra P que aparece en la denominación de los tubos de la serie americana es la inicial del nombre del fósforo en inglés (phosphor) y la del símbolo químico de dicha sustancia (Ph) y se usa debido a que el fósforo entra en la combinación de todas las substancias que recubren las pantallas de los tubos.

Además de la coloración de la imagen en la pantalla, está el detalle de la persistencia de la imagen. Es lógico que para imágenes móviles interesa que la pantalla presente poca persistencia, es decir que la luminosidad no sea durable, a efectos de que pueda ir variando la imagen según la secuencia de los movimientos. Para instrumentos, en cambio, o sea para el caso de imágenes fijas, la persistencia luminosa de la pantalla debe ser mucho mayor. Esta característica de la persistencia de la luminosidad se debe al tipo de substancia con que se recubre el interior de la pantalla, e inclusive la coloración de la imagen también se debe al mismo detalle.

Las substancias que dan luminosidad se clasifican, en una primera agrupación, en: fluorescentes y fosforecentes. Las primeras presentan una mayor persistencia y una menor luminosidad, condiciones

Coloración de las pantallas

Designación		*Luminosidad*
Americana	*Europea*	
P1	G	Verde amarillento. Persistencia media. Fluorescente.
P2	R	Verde amarillento. Persistencia media. Fluorescente y fosforescente.
P4		Blanco. Fluorescente. Persistencia corta-media.
P5	B	Azul. Fluorescente. Persistencia media-corta.
P7	P	Azul violado. Doble capa. Fosforescencia posterior verde amarillenta.
P11		Azul. Fluorescente. Persistencia corta-media.
P12		Amarillo-anaranjado. Fluorescente y fosforescente.
P14		Dos capas. Fluorescencia azul-violada y fosforescencia anaranjada.
P15		Fosforescencia verde, visible y radiación ultravioleta (Se usa en televisión para cámaras de películas).
P16		Violeta y ultravioleta. Similar al anterior.
P20		Fluorescencia verde-amarillenta de alta luminosidad. Persistencia corta.
P24		Fluorescencia y fosforescencia verde.

aptas para osciloscopios. Las fosforescentes presentan mayor luminosidad pero muy poca persistencia, lo que las hace adecuadas para televisión.

A fin de ilustrar al lector sobre las características de las pantallas de los tubos usados para osciloscopios y otros instrumentos de laboratorio, damos la tabla adjunta que resume esa información. Las letras y números que se dan como designación aparecen en la denominación de los tubos.

Tensiones aceleradoras

Un dato muy importante para el funcionamiento del tubo y para diseñar los elementos necesarios para lograr el mismo, es el de la tensión que debe aplicarse al último ánodo o placa aceleradora de los electrones que integran el rayo catódico. Sabemos también que esa aceleración puede lograrse en el cañón electrónico, mediante una fuerte tensión positiva aplicada a la última placa del cañón, pero también puede conseguirse el efecto acelerador mediante una placa colocada fuera del cañón, en la parte ensanchada del tubo. Esto último se logra mediante un revestimiento interno metalizado al cual se le aplica una tensión muy elevada. En la denominación americana se llama *ultor* a la tensión aceleradora aplicada al "último" ánodo del cañón y *post-ultor* a la tensión que se aplica al revestimiento, como si su efecto fuera de una post-aceleración.

La ventaja de la post-aceleración sobre la aceleración es que la primera no produce una reducción de la sensibilidad del tubo. Claro, si aceleramos los electrones antes de pasar por el sistema deflector, éste perderá parte de su efecto desviante y será necesario una mayor acción deflectora; en cambio, si aceleramos los electrones después de la deflexión, no se producirá tal reducción. Pero sobre esto de la sensibilidad conviene que nos ocupemos un poco más en detalle.

Sensibilidad del tubo

Es lógico que cuando se produce la desviación del punto luminoso en la pantalla del tubo, ello se ha logrado mediante un efecto deflector o desviante. Volvamos un poco a la figura 175 que nos mostraba un trazo o raya luminosa obtenida mediante la aplicación de una tensión entre las placas que llamábamos verticales. Bien, supongamos que si aplicamos una tensión desviadora de 5 volt, la raya luminosa tiene una longitud de 10 mm. Si relacionamos ambas cifras, dividiendo la segunda por la primera obtenemos la cifra 2 que representa la longitud del trazo luminoso o imagen por cada volt aplicado como tensión deflectora. Esa cifra de la sensibilidad del tubo para la deflexión vertical, se la llama *sensibilidad vertical*; la unidad es, como sale de la operación realizada, mm/V. Si en vez de mencionar la figura 175 hubiéramos mirado la 176, podríamos hablar de la *sensibilidad horizontal* y tendríamos una cantidad de milímetros por volt, que mide la desviación por cada volt aplicado.

Todo lo que hemos dicho se refiere a los tubos con deflexión electrostática, que sabemos se usan para instrumental, especialmente osciloscopios. En los que tienen deflexión electromagnética de uso en televisión interesa menos esa información para diseñar los equipos.

Otros datos de los manuales

Si tomamos un manual de tubos suministrado por la fábrica, encontraremos datos técnicos sobre los mismos. De algunos ya hemos hablado, pero hay otros. Por ejemplo, la tensión y corriente de filamento; las tensiones de las placas que forman el cañón electrónico; la polarización de la grilla de control o grilla que gobierna la densidad del haz o, consecuentemente, la luminosidad del punto en la pantalla, y las dimensiones del tubo y, como es lógico, las conexiones en la base con indicación del tipo de base.

La tensión de filamento se ha adoptado en forma generalizada como de 6,3 volt para los tubos, si bien hay algunos tipos que usan tensiones distintas La tendencia moderna es usar los que tienen esa tensión. Hay también una generalización con respecto a la corriente de filamento y la cifra es 0,6 amper. Este detalle ha permitido facilitar los reemplazos de tubos.

Las tensiones de las placas aceleradoras del cañón están dadas en las tablas de fábrica, así como la tensión final aceleradora, sea *ultor* o *post-ultor*. La polarización de grilla se da como una tensión negativa que se mide entre grilla de control y cátodo. Los circuitos de utilización de los tubos deberán llevar una fuente de alimentación que provea esas tensiones de aceleración y polarización.

Las dimensiones del tubo sirven para proyectar el gabinete que deberá contenerlo. Generalmente se dispone de un dibujo como los que vimos en la figura 190, pero con las dimensiones externas más importantes.

Finalmente, la base del tubo debe darse para posibilitar las conexiones. Como sabemos siempre se considera al zócalo visto desde abajo. A título ilustrativo la figura 191 muestra el código de conexiones de los tubos para osciloscopios de las series americana y europea. Nótese como detalle peculiar que los terminales de filamento corres-

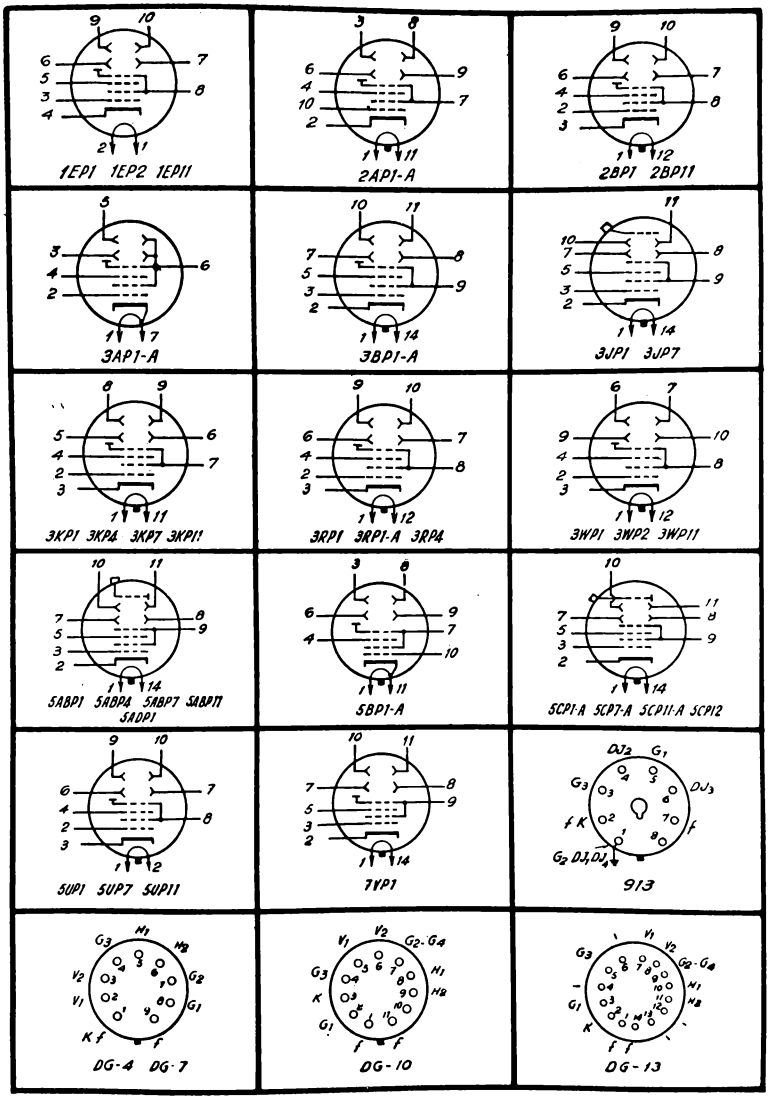


Fig. 191.- Diagramas de los zócalos de los tubos más comunes que se emplean para osciloscopios.

ponden siempre a la primera y última pata de la base. En los tubos para instrumental la tensión aceleradora es una cifra no muy alta, de modo que es habitual que la conexión para la misma se haga a una pata de la base; pero algunos modelos tienen un capacete o conector para la A.T. aceleradora en un eostado de la ampolla. En los tubos para televisión este último sistema es obligado debido a que se usan tensiones aceleradoras muy altas, del orden de los 10 a 20 Kilovolt. Además, en los tubos para televisión esa tensión es siempre post-aceleradora.

Reemplazos de tubos

En los tubos de imagen el problema del reemplazo adquiere características muy diferentes al caso de las válvulas. En efecto, en los aparatos que emplean tubos el costó, volumen e importancia del mismo es mucho mayor que la del resto de los componentes, mientras que en el caso de las válvulas no ocurre así. Entonces, el problema de si hay que cambiar el zócalo o no y si hay que hacer algunos cambios de conexiones o de tensiones no es un detalle que impida elegir un tubo determinado para el reemplazo. Lo importante es cumplir con la misión del tubo, o sea elegir uno de repuesto que ofrezca las mismas posibilidades en cuanto a la imagen se refiere que el que había. Si hay uno idéntico, bien; pero si no lo hay se buscará otro que cumpla con las siguientes condiciones y en este orden:

1) Debe tener las mismas dimensiones de pantalla y su misma forma.
2) Debe tener la misma sensibilidad, porque una diferencia en ese detalle obligaría a rediseñar los circuitos deflectores.
3) Debe tener la misma tensión aceleradora o post-aceleradora, porque una diferencia en ese sentido obligaría rediseñar la fuente de A.T.
4) Debe tener el mismo régimen de variación de luminosidad, porque diferencias en el mismo requerirían cambios importantes en el tratamiento previo de la señal que gobierna la luminosidad de la imagen.

No se ha dicho nada acerca de los sistemas de deflexión y de enfoque porque lógicamente el tubo elegido debe tener los mismos que el reemplazado. Pero acerca de esto debemos hacer una aclaración. En los comienzos de la televisión se usaban tubos con enfoque electromagnético y posteriormente aparecieron los tubos con enfoque electrostático para el mismo uso. Cuando se debía reemplazar tubos antiguos por modernos, ocurría que no había con enfoque electromagnético y entonces se eliminaba la bobina de enfoque y se conectaba un circuito de alimentación para dar al ánodo o placa de enfoque la tensión debida y la posibilidad de variarla. Se trataba de un caso de cambio obligado de circuito.

Otro caso digno de mención es el de la trampa iónica. Actualmente los tubos se construyen con pantalla aluminizada (figura 169), pero algunos televisores antiguos tienen tubos con trampa iónica. Cuando se debe hacer un reemplazo es cuestión de eliminar ese accesorio al colocar un tubo que no lo requiere.

Muchas veces al hacer un reemplazo deben hacerse algunos cambios en el zócalo e inclusive cambiar el mismo. Ese detalle carece de importancia frente al problema de respetar las condiciones antes explicadas. La solución consiste siempre es disponer de los diagramas de las bases del tubo a eliminar y del que se coloca en su lugar.

Tubos de Cátodo Rápido

Durante muchos años los televisores funcionaron con un tubo de imagen y numerosas válvulas y sus usuarios estaban acostumbrados a la demora en la aparición de la imagen en la pantalla. Ello no causaba extrañeza pues la demora en escuchar el sonido en los viejos receptores valvulares era normal y el televisor también tenía dentro un receptor de sonido. El tubo cinescopio tiene un cátodo que debe ser llevado al estado de emisión mediante su calentamiento por medio de un filamento recorrido por corriente; tal operación dura por lo menos 20 segundos y si la tensión de línea es un poco menor que la normal el lapso se prolonga a 30 segundos y aún más. Pero también el sonido demora en oírse en el parlante, de modo que puede desestimarse el problema.

Pero la transistorización paulatina de los televisores, que fue posterior a la de los radio receptores, trajo la percepción casi inmediata del sonido pero subsistía la demora en la aparición de la imagen en la pantalla. Todavía existen numerosos televisores en funcionamiento que, siendo híbridos o totalmente transistorizados, acusan esa deficiencia.

Los fabricantes de cinescopios debieron estudiar el problema y lo resolvieron mediante los tubos de imagen de cátodo rápido. No se trata de cambiar el sistema de emisión, que continúa usando un filamento calefactor y un cátodo emisor, sino en cambiar la disposición constructiva y las sustancias emisoras. Con ello se ha logrado la aparición de la imagen en 5 segundos, con lo que prácticamente coincide con la percepción del sonido.

Describiremos la solución adoptada por un fabricante. Basándonos en que el tiempo de calentamiento es inversamente proporcional a la potencia calórica y directamente proporcional a la capacidad térmica del cátodo, para reducir el tiempo debe aumentarse la potencia calórica

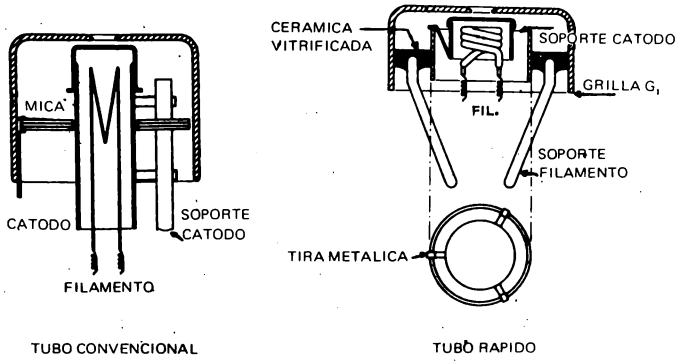


Fig. 192. Corte de los tubos convencional y rápido para mostrar las diferencias constructivas.

y disminuirse la capacidad térmica. Si observamos la figura 192 suministrada por FAPESA podemos observar las diferencias entre el montaje calefactor-cátodo de un tubo convencional y del nuevo tubo de cátodo rápido. La evidente reducción de la masa a calentar implica la disminución de la capacidad térmica a que hicimos referencia y la concentración del calor en el cátodo logra el aumento de la potencia térmica radiada.

Es interesante mencionar algunas cifras para demostrar que la rapidez en lograr la emisión no se ha logrado mediante aumento del consumo del filamento, pues en los tubos convencionales la corriente era de 300mA y en los nuevos es de 240mA, cifra referida a los tubos A44-520W, A50-520W y A61-520W de FAPESA.

Pero debe advertirse que no puede reemplazarse un tubo común por uno de cátodo rápido, pues se especifican algunas diferencias y advertencias. Por otra parte no se justificaría el empleo de un tubo rápido en un televisor valvular, donde el sonido es de aparición retardada y la imagen puede serlo también.

Los cambios son: como estos tubos están destinados a televisores de estado sólido, se ha rebajado la tensión aceleradora de grillas G_2 y G_4 que era de 250 a 400V en los tubos comunes y que es de 130V en los rápidos. Se especifica un máximo de 7,3V y un mínimo de 5,3V para el filamento o sea que se fija una variación de ± 1 Volt sobre la tensión nominal, cifra que era mucho más amplia en los tubos convencionales. Esto se traduce en que el filamento debe ser alimentado en paralelo con el secundario del transformador de filamento, excluyendo la alimentación en serie, o mediante un bobinado auxiliar en el fly-back. Como se ve, condiciones típicas en televisores de estado sólido. Se añaden especificaciones de diseños circuitales, como que los dispositivos de sintonía y de sincronismo deben ser de funcionamiento instantáneo, para formación de imagen correcta cuando ella aparezca en la pantalla. También se recomienda que la impedancia interna de la fuente alimentadora del filamento sea lo más baja posible; esto se logra fácilmente cuando la misma es un transformador o un bobinado del fly-back. Como se ve, las especificaciones están orientadas hacia la utilización de los tubos rápidos únicamente en televisores de estado sólido. En los detalles de dimensiones, aspecto exterior, etc. los tubos rápidos son similares a los convencionales.

Tubos de 20 milímetros

Los tubos de imagen siguieron evolucionando con el correr de los años para atender las exigencias de un público cada vez más conocedor y los fabricantes debieron ingeniarse para conformarlo. La figura 186 nos mostró la evolución de los tubos en el aspecto de la longitud de los mismos, consiguiéndose acortarlos considerablemente gracias al aumento del ángulo de deflexión. Esto permitió hacer gabinetes con menor fondo para televisores.

Pero otros factores comenzaron a tener influencia y uno de los más importantes fue el advenimiento de los transistores que presentaron la novedad de trabajar con bajas tensiones, a diferencia de las válvulas. La posibilidad de alimentar televisores con baterías transportables obligó a rediseñar los tubos de imagen conocidos hasta ese momento. En efecto, un tubo convencional tiene

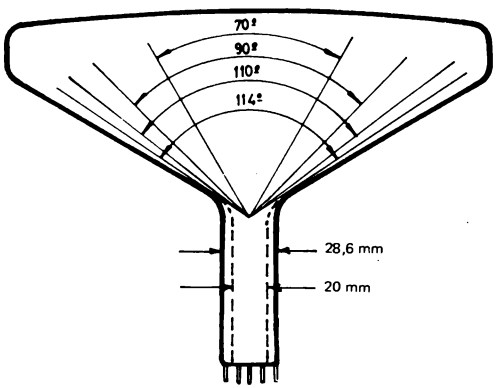


Fig. 193. – Evolución constructiva del tubo de imagen o cinescopio.

un filamento que se alimenta con una tensión alterna de 6,3 Volts y consume unos 600 miliamperes, o sea 0,6 Amper; esto representa unos 3,8 Watts absorbidos de la fuente de alimentación. Los tubos modernos que se usan en televisores transistorizados, además de tener las propiedades del encendido rápido explicadas para la figura 192, se hacen con filamentos que trabajan con 11 Volts y consumen 68 miliamperes, lo que representa un consumo de solo 0,75 Watt. Es evidente que se ha logrado una importante reducción de consumo.

Estos tubos se hacen con el cuello más delgado, pues en lugar de tener 28,6 mm de diámetro sólo tienen 20 mm. La figura 193 permite comparar los dos cuellos en dibujo superpuesto para tener una idea de la reducción lograda. En la misma figura se muestra la evolución en el ángulo de deflexión que se explicó anteriormente para dar una idea completa de la evolución constructiva en todos sus detalles.

APENDICE

APENDICE

TUBOS DE IMAGEN PARA TV-COLOR

Los tubos de imagen que hemos visto formaban las mismas mediante una composición de puntos blancos y negros y, mezclando ambos, todas las tonalidades de puntos grises. El aspecto de la imagen que se ve en la pantalla puede ser comparada con una foto en blanco y negro, de las comunes. Desde los primeros años de la televisión se pensó en obtener imágenes en colores, tal como ocurre con la fotografía que existe en los dos sistemas; en blanco y negro o en colores. Las investigaciones estuvieron derivadas de profundos estudios de óptica vinculada con las posibilidades técnicas que se tenían. Haremos un breve análisis de este punto.

Es sabido por lo estudiado en física que la luz blanca está formada por la composición de luces de todos los colores básicos y también que mezclando luces de dos colores básicos se obtiene un color diferente. Si observamos un libro o una revista impresa en colores, da la impresión que han debido hacerse infinidad de impresiones pero no es así. Básicamente, usando tres colores básicos puede obtenerse al mezclarlos convenientemente cualquier tonalidad y si agregamos el negro el realismo logrado ha hecho posible reproducir por impresión cuadros famosos que encontramos en libros de la especialidad.

Para la televisión en colores se adoptaron los tres colores básicos: rojo, verde y azul. El negro se obtiene automáticamente por ausencia de luz, o sea ausencia total o parcial de blanco.

De acuerdo con esto, para formar una imagen en colores en un televisor necesitaríamos formar tres imágenes sucesivas, una para cada color de los elegidos, y la mayor o menor luminosidad daría el negro necesario para obtener las sombras y otros efectos. Para ello se colocaron tres discos girantes mediante un motorcito con filtros cromáticos que se ubicaban delante del televisor. Ello era muy engorroso pues el disco debía ser de mayor tamaño que la pantalla del tubo y estar separado de ella, lo que daba al receptor de televisión un tamaño desproporcionado con el resultado consecuente; además, los filtros hacían perder sensibilidad luminosa al tubo. Y también debe mencionarse que los bordes de las figuras tenían una cierta aberración consistente en rebordes de colores no mezclados, algo así como un pequeño arco iris. Así queda justificado el enorme esfuerzo de investigación que se realizó para encontrar otro sistema partiendo de la condición de reproducir los tres colores en forma simultánea, con el propósito de aprovechar la frecuencia alta en el barrido vertical y evitar el parpadeo y el reborde.

El tubo tricolor de máscara selectora

La primera idea práctica para resolver los problemas mencionados fue la de dedicar una línea horizontal a cada color en lugar de un cuadro completo, de tal suerte que se podía mantener la frecuencia del barrido vertical exclusivamente para los cambios de cuadro 50 veces por segundo. Estos trabajos fueron realizados por la RCA. Pero las investigaciones continuaron y finalmente surgió

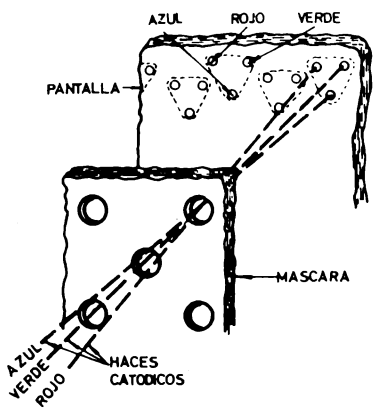


Fig. 194. – Principio de funcionamiento del cinescopio con máscara selectora.

la idea que iba a ser la solución definitiva y es la del *sistema simultáneo*, o sea, que los tres colores se reprodujeran al mismo tiempo y no en distintas exploraciones sucesivas como en el sistema secuencial.

Tal cinescopio tricolor se llamó: de *máscara selectora* para sus características de construcción (figura 194). La pantalla o frente del tubo está recubierta interiormente por una cantidad enorme de corpúsculos de forma triangular que tienen *cada uno* las tres capas fluorescentes monocromáticas con los colores primarios. Estos triangulitos tienen 0,42 mm de lado y están separados 0,72 mm entre sí. A la distancia normal a que se halla el observador no se pueden distinguir los puntos que reproducen los tres colores, sino que se ven mezclados, o sea, formando la imagen policromática.

El sistema simultáneo se completa con tres cañones electrónicos, cada uno de los cuales emite un haz catódico correspondiente a un solo color, o sea que recibe una de las señales de video de la cámara captora. Falta ahora ver cómo se logra que cada haz incida sobre la parte del corpúsculo fosforado del color que le corresponde. Para ello los tres cañones están ubicados en los vértices de un triángulo equilátero, y en tal posición que sus haces se cruzan en un lugar del tubo donde se ha colocado un casquete metálico muy delgado (menos de 0,1 mm) que tiene una gran cantidad de perforaciones circulares de 0,3 mm de diámetro y espaciados en 0,72 mm, es decir, la misma distancia que hay entre los corpúsculos fosforados. Tal casquete se llama *máscara selectora o reguladora.*

Si en un momento dado se activa sólo el cañón correspondiente al rojo, el haz catódico pasa por un orificio de la máscara y llega a un corpúsculo de la pantalla, precisamente sobre el sector de fósforo de luz roja; lo mismo ocurre con los otros dos cañones y los sectores verde y azul del corpúsculo, pero se excita un solo corpúsculo ubicado en el centro de la pantalla y solamente ése. Pero aplicando las deflexiones horizontal y vertical a los haces catódicos, las mismas se cumplen para los tres haces simultáneamente y se barren todos los corpúsculos, logrando así los haces pasar por todos los orificios de la máscara perforada, pero siempre los tres haces se cruzan exactamente en un orificio e inciden en un corpúsculo por vez.

La figura 195 amplía la información acerca de este tubo tricolor, pues vemos las posiciones de la pantalla, la máscara, los tres cañones y las bobinas de deflexión y de enfoque, que en este caso se llama de *convergencia*, pués el objetivo de concentrar el haz catódico se amplía para lograr que los haces se crucen en la posición exacta de la máscara.

Cabe dar algunas cifras para destacar los resultados obtenidos. La máscara tiene unos 400.000 agujeros, lo que nos lleva a igual cantidad de corpúsculos tricolores en la pantalla, o sea, 1.200.000 puntos de color. Estos puntos dan luminosidades de un solo color cada uno, pero la intensidad luminosa varía de acuerdo con la amplitud de la señal de video en cada instante, la cual concuerda con la luminosidad captada en el estudio, en cada punto, al hacer la exploración de la escena.

Ajuste de la convergencia

En el cinescopio tricolor adquiere gran importancia la convergencia que debe lograrse para que cada haz llegue exactamente al punto fosforado de

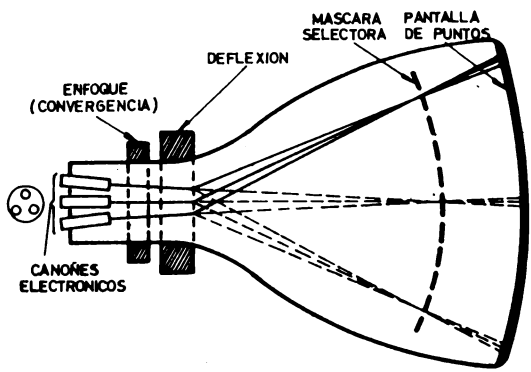


Fig. 195. – El cinescopio tricolor de máscara selectora con cañones en los vértices de un triángulo.

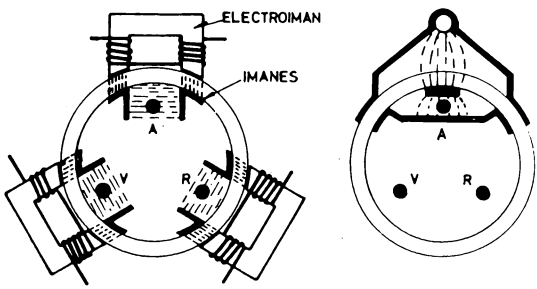


Fig. 196. – El sistema corrector de convergencia del cinescopio tricolor.

su correspondiente color. Si el haz de señal de rojo cae sobre un punto de fósforo destinado al azul se produce luminosidad violeta, que es la deformación que afecta a lo que se denomina *pureza del color*, lo mismo pasaría con mezclas de otros colores, y es de tal importancia el asunto que para mantener la pureza deben colocarse dispositivos correctores para cada color.

Hay dos registros que deben lograrse en la convergencia de los haces; uno se refiere al normal cruce de los haces en el orificio de la máscara y se llama *convergencia estática*. El otro se refiere al encuadre perfecto en los bordes del tubo, y es la *convergencia dinámica*.

Para la convergencia estática se montan en el interior del cuello del tubo unas piezas *polares* o imanes y en el exterior unos pequeños electroimanes con posiciones coincidentes con las anteriores (figura 196). Los haces del rojo, verde y azul pasan por entre las piezas polares. La densidad de los campos magnéticos de los electroimanes se varía regulando la intensidad de la corriente en sus bobinas, de manera que puede retocarse a voluntad la configuración de los campos resultantes y en forma independiente para cada color. Con ello se logran desviaciones radiales de los haces *R*, *V* y *A*. Este ajuste se llama *radial* y la convergencia lograda es la *radial* –componente de la convergencia estática.

La otra componente es la convergencia *lateral* que consiste en el desplazamiento tangencial de por lo menos uno de los haces, para cuyo efecto se eligió el azul. En el lado derecho de la misma figura 196 se muestra la manera de ajustar tangencialmente la posición del haz azul. Consiste en piezas polares internas y externas, dispuestas de tal modo que pueda desplazarse la segunda respecto de la primera y obtener así desviaciones laterales del haz azul. Este segundo juego de ajuste está colocado en el cuello del tubo un poco más cerca del extremo que el juego radial, el cual se halla ubicado más cerca del cuerpo del tubo.

Si observamos la figura 195 deduciremos que la pantalla fosforada debería ser una superficie completamente paralela a la de la máscara selectora. Aun cuando no es así, cerca de los bordes los ángulos que forman los haces catódicos se abren y se producen pequeños desplazamientos que hacen que los que pasan por un orificio no lleguen al corpúsculo fosforado que les corresponde. Esto se denomina *error de convergencia dinámica*, pues desde el punto de vista geométrico las posiciones de los elementos son correctas, pero en el funcionamiento se produce tal deformación.

Para realizar la corrección de la convergencia dinámica se emplean los mismos elementos colocados para la estática, o sea, los electroimanes que vimos en la figura 196, sólo que hay que hacer una salvedad: para la corrección estática se emplea una corriente continua en las bobinas, mientras que para la dinámica se superponen a ellas corrientes de forma diente de sierra, con frecuencias coincidentes con las de los barridos horizontal y vertical. A estas corrientes diente de sierra se superponen otras de forma de onda parabólicas, pues la deformación de borde tiene una característica geométrica que corresponde a tales curvas. En tales condiciones, cada bobina de los electroimanes de convergencia requiere siete corrientes: una continua para corregir la convergencia estática, dos corrientes dientes de sierra y dos parabólicas con frecuencia de cuadro y otros dos pares con la frecuencia de línea, para corregir la dinámica. Todas esas corrientes requieren elementos variables para ajustarlas, y estos controles deben ubicarse fuera del alcance del usuario, pues el retoque se hace en el laboratorio. Es de notar que la alteración de uno de esos controles obliga a un ajuste de to-

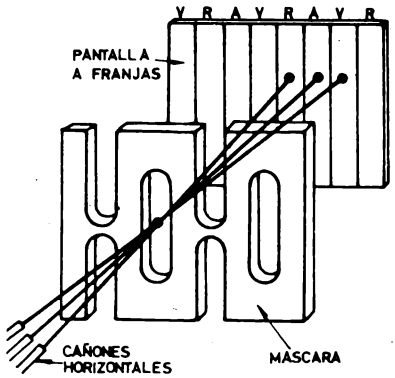


Fig. 197. – Cinescopio tricolor de máscara selectora modificado por la R.C.A.

dos los otros –tal es la complejidad del sistema.

Y todavía podemos mencionar los desajustes que origina la incorrecta posición del yugo deflector. Ellos afectan a la desviación de uno de los haces catódicos, haciendo que dicho haz caiga sobre un puntô de color que no le corresponde, dando por resultado una incorrecta graduación de los tres colores primarios. Se altera así la *pureza de color*, y debe actuarse sobre la posición del yugo. Pero la pureza se altera, aunque el yugo esté bien ubicado y la convergencia haya sido correctamente corregida, por acción de campos magnéticos externos, lo cual es evidente porque cualquier campo actúa sobre los haces catódicos provocando que éstos se desvíen. Incluso el campo magnético terrestre puede ocacionar impureza de color. Esto obliga a hacer un ajuste de la convergencia en el lugar donde funcionará el televisor policromático y reajustarlo si se traslada el receptor a otro sitio. Asimismo, justifica la recomendación de los fabricantes de que no se coloquen encima o cerca de los televisores artefactos que tengan bobinas o imanes, pues éstos pueden causar desajustes en la convergencia de color.

Otros tubos tricolores

El cinescopio tricolor de máscara selectora se impuso durante un tiempo en los servicios de televisión tricromática eliminando a sus antecesores. Posteriormente se le hicieron algunos perfeccionamientos en detalles y entre ellos merece citarse el de la RCA (figura 197) que dispone los fósforos monocromáticos en franjas verticales en lugar de triángulos corpusculares. La máscara selectora tiene ranuras alargadas verticales en lugar de orificios de formas circulares o hexagonales –esto último en algunos tubos comunes–. Los tres cañones electrónicos están dispuestos en el plano horizontal en lugar de la posición triangular que vimos anteriormente.

Es evidente que la disposición descrita reduce los problemas de la convergencia, ya que pequeños desplazamientos en sentido vertical no afectan a la pureza de color y sólo hay que cuidar con precisión el ajuste horizontal de los haces. La ventaja aludida ha permitido suprimir los imanes para ajuste de convergencia y con ello acortar el tubo en unos 45 mm. lo que lo ha aligerado en más de un kilogramo. El ajuste de convergencia se hace en fábrica y el conjunto de yugos se moldea de manera que quede adherido al cuello del tubo para evitar desplazamientos por transporte.

El sistema de franjas monocromáticas no se emplea solamente en el tubo de la RCA, sino que ha permitido desarrollar montajes tricolores con los tres cañones en línea formando ùn solo conjunto, como si fuera un único cañón electrónico con tres grillas que reciben secuencialmente las señales de crominancia de los tres colores básicos, mientras que la señal de luminancia sùele aplicarse al cátodo. Los primeros tubos que se construyeron con ese principio fueron los *Trinitrón* de la Sony y eran de tamaño reducido para ser aplicados a televisores portátiles. Posteriores perfeccionamientos permitieron la construcción de tubos más grandes en Europa, Japón y E.U.A. –como los Chromatron, Colometrón, Lymitron, N-line, los europeos de la línea ITT, etc.

El cañón de la Sony tenía los tres rayos monocromáticos en línea, y se enviaban a una lente de convergencia, de tal modo que emergían de la misma los haces qúe apuntaban hacia la pantalla. En los tubos posteriores se introdujeron ligeras variantes, pero siempre se mantiene la construcción en un solo bloque, de tal modo que se habla de un solo cañón (figura 198). Veamos el funcionamiento de los tubos tricromáticos basados en el sistema que acabamos de mencionar.

Esencialmente tenemos las franjas verticales de fósforos correspondientes a los tres colores básicos, pero la secuencia de las mismas es tal que hay doble cantidad de franjas verdes que de los otros dos colores. Esa secuencia no es excluyente, pués depende de la eficiencia de los fósforos empleados y del tono predominante que se desea dar a la imagen. Cerca de la pantalla hay una serie de alambres verticales contenidos en un plano paralelo a la misma, y en cantidad que es la mitad

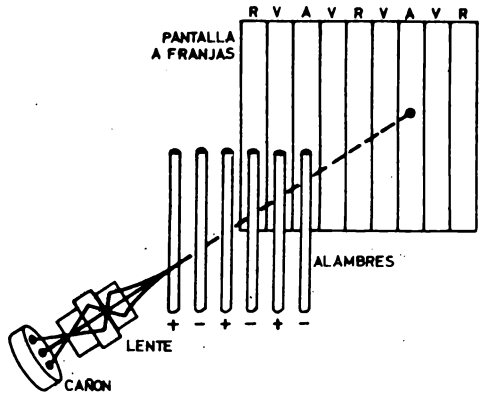


Fig. 198. – Cinescopio tricolor de un solo cañón tipo Chromatron.

de la de franjas fosforadas. A estos alambres se aplica una tensión aceleradora que es del orden de la cuarta parte que la del ánodo acelerador conectado a la pantalla activada, pero la polarización se va combinando de tal modo que se logra incidencia de los haces catódicos en las franjas que correspondan.

Veamos esto en detalle: la figura 199 nos muestra tres diferentes polarizaciones de los alambres selectores. En el primer caso (a la izquierda), se han dado potenciales positivos a los alambres de orden impar, y entonces ellos desvían atrayendo a los haces catódicos, los que convergen sobre las franjas de fósforo rojo. En el segundo caso (figura central), se han polarizado positivamente los alambres de orden par y la convergencia de los haces se produce sobre las franjas azules. Y, finalmente, en el tercer caso (a la derecha), vemos que si los alambres quedan sin polarización los haces no se desvían y caen sobre las franjas verdes. Todos estos dibujos muestran los alambres y las franjas desde arriba, en cantidad mucho menor que la real, la cual conocemos por haberla mencionado anteriormente.

El problema de las polarizaciones de los alambres se resuelve sincrónicamente con la deflexión del haz catódico, ya que si bien la figura 199 nos muestra varios, ello corresponde a una secuencia

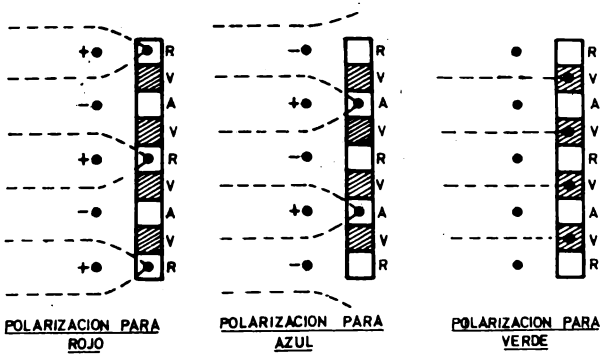


Fig. 199. – Forma de polarizar los alambres para obtener los tres colores básicos en la pantalla del tubo Chromatron.

del barrido horizontal. Deben adecuarse las secuencias de esas polarizaciones en forma concordante con el recorrido del punto luminoso en la pantalla, lo cual se resuelve mediante osciladores en forma muy simple, como se verá más adelante.

Una variante del tubo anterior se introdujo en el modelo Colornetron, la cual consiste en una segunda fila de alambres verticales a fin de mejorar el enfoque. Este tubo da preponderancia al azul, por lo que sus franjas son el doble de las verdes o las rojas y la secuencia es similar a la vista en la figura 198 si se reemplaza la *V* por la *A*. Se fabrica para un diámetro de pantalla de 20 cm y presenta la ventaja de reducir la potencia invertida hasta la décima parte, cualidad muy apreciable en televisores pequeños.

Finalmente, cabe mencionar una variante introducida por la Sony de Japón en el tubo de tres cañones con franjas verticales y máscaras con ranuras, del tipo mostrado en la figura 197. En el mismo, al cual se denominó *Trinitrón*, la convergencia se logra mediante campos electrostáticos en lugar de magnéticos, lo que reduce notablemente su costo. Inclusive se ha suprimido la máscara selectora reemplazándola por la grilla de deflexión que realiza así una doble función.

El tubo 20AX de Philips

Dentro del principio mostrado en la figura 197, es decir que tiene máscara selectora, tres cañones horizontales y pantalla con los fósforos cromáticos en bandas verticales, la Philips ha diseñado su línea de tubos a los que llama 20AX, una versión de los cuales se encuentra en el mercado local. Estos tubos presentan innovaciones con respecto a los desarrollos anteriores y daremos un resumen de las mismas.

Es sabido que el astigmatismo es una deformación óptica provocada por la curvatura del cristalino del ojo que se ha deformado. Llevado a los dispositivos ópticos, la curvatura de los tubos produce generalmente este defecto. La idea de la Philips fue aprovechar un defecto para simplificar el diseño de los tubos cromáticos. En efecto, si se diseña un yugo deflector de modo que se produzca intencionalmente astigmatismo, puede lograrse que la convergencia de los haces catódicos se produzca precisamente en los orificios de la máscara selectora. De este modo la convergencia se produce en forma automática y no se necesita el laborioso proceso de ajuste que es típico en los otros tubos tricolores.

Independientemente de la cualidad señalada, la fábrica mencionada ha introducido en esta serie de tubos otras mejoras para posibilitar la visión diurna de la imagen en color, aún en ambientes con profusa iluminación. Ello se ha logrado incrementando el brillo en un 70% y haciendo antireflectante la cara frontal del tubo. Estos tubos son denominados: de *alto brillo*. Todavía hay una innovación interesante en algunos modelos de esta serie y es la que se logra colocando depósitos de grafito entre las bandas verticales de fósforo cromático. Con este recurso se logra un aumento del contraste haciendo que la pantalla aparezca más negra.

Además de las ventajas señaladas puede mencionarse que estos tubos incluyen el sistema de protección contra descargas esporádicas a las que se llama *flashover*; las mismas se propagan por todo el circuito y deterioran los semiconductores. En esencia se trata de descargas de fenómenos transitorios producidos en el circuito de extra-alta tensión por la acumulación de cargas del capacitor formado por los recubrimientos interno y externo del tubo de imagen. Para reducir la formación de estos transitorios en los tubos a los que se denomina *soft-flash*, se hace el recubrimiento interno con un cierto contenido de óxido de hierro que presenta alta resistividad y dificulta el

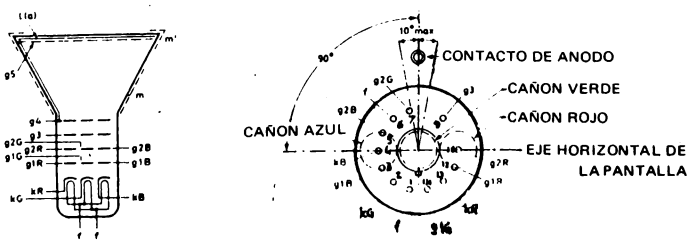


Fig. 200. – Ubicación de electrodos y disposición de los contactos en el zócalo de los tubos tricolores tipo 20 AX.

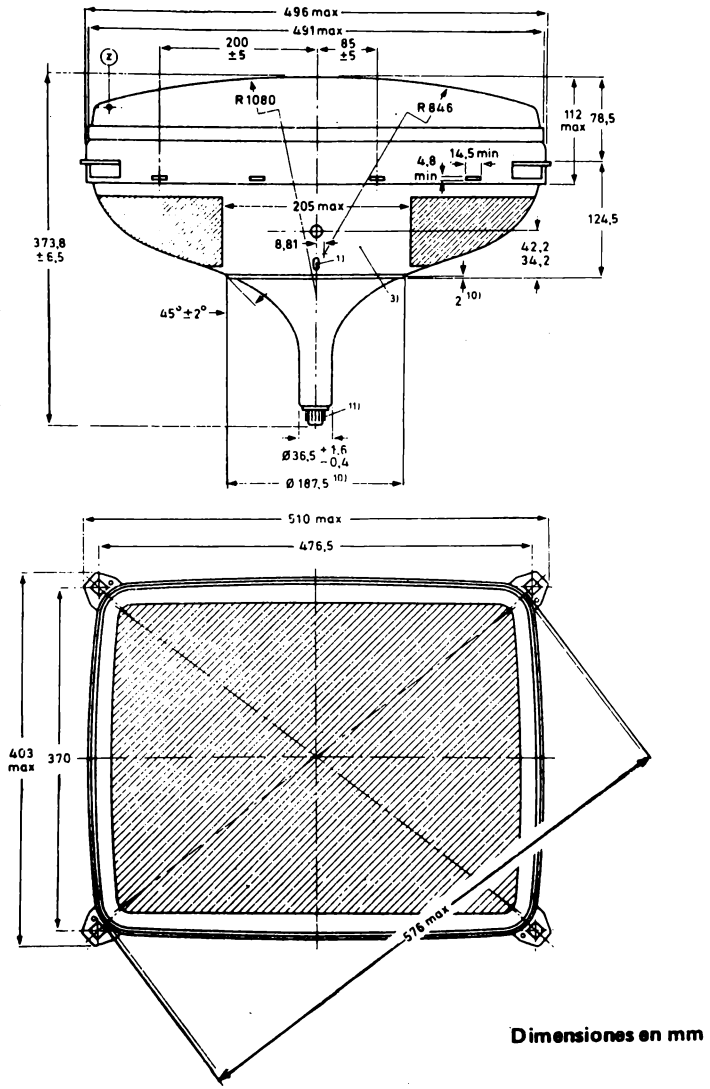
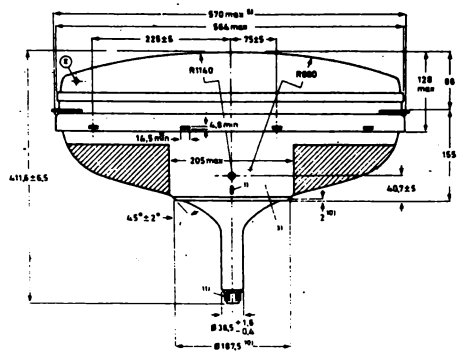


Fig. 201. – Aspecto y dimensiones externas del tubo tipo A56-500X de la línea 20AX de la Philips. Es de 22 pulgadas de diagonal.



Dimensiones en mm

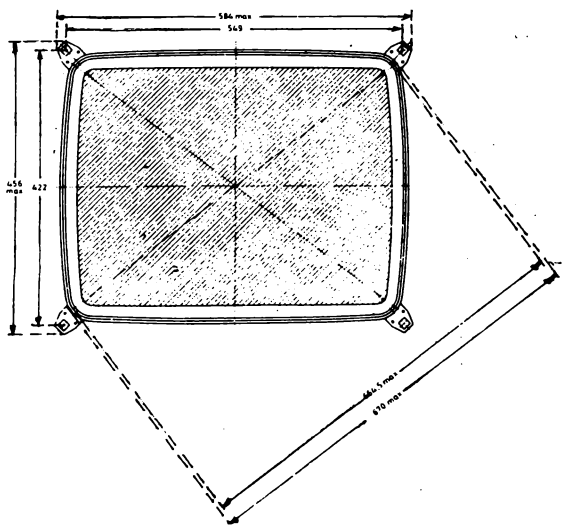


Fig. 202. – Aspecto exterior y dimensiones del tubo A66-500X perteneciente a la líne 20AX de la Philips. Este tiene 26 pulgadas de diagonal.

Fig. 203. – TUBOS CROMATICOS DE CAÑONES COPLANARES

Fabricante / Ángulo de deflexión	Dimensión de Pantalla (pulg.)	Diámetro del cuello (mm)	Longitud del tubo (cm)	CAÑONES ELECTRONICOS	BLINDAJE MAGNETICO	YUGOS DE DEFLEXION	MASCARA PERFORADA / LUMINOFOROS	TUBO Y YUGO NOMINALES Sin corrección de convergencia	CANTIDAD DE AJUSTES DE CONVERGENCIA
Philips 20 AX 110°	26 22 18	36,5	41 37 33	Cátodos de calentamiento rápido	Blindaje interno reborde para el yugo	forma montura	ranuras cortas líneas	3 mm corrección parabólica 22" 20 AX 26" y 18" 20 AX	22" 6 26" 7 18" 7 Son compensaciones de tolerancia
Sylvania unitline 110°	26	36,5	43	Cátodos de calentamiento rápido	Blindaje interno	montura o toroidal	ranuras cortas líneas		6 a 8 controles de convergencia
RCA PI - system 90	20 18 16	29	42 39 36	Anillos de corrección de coma	Blindaje interno y externo	toroidal	ranuras cortas líneas	Tolerancias compensadas en fábrica Tubo y yugo cementados	
Toshiba SSI 90°	16 14	29	35		Blindaje externo	Horizontal: montura Vertical: toroidal	ranuras cortas líneas		3 controles para convergencia dinámica
Toshiba RIS 110°	26 22 20 18 16	36,5	36 34 30	Corrección de coma	cono rectangular Blindaje interno	Horizontal: montura Vertical: toroidal	ranuras u orificios líneas o puntos		9 a 11 correcciones de convergencia incluyendo ajustes mecánicos
Sony Trinitron 114°	22 20 18 15	29	34	Prisma para convergencia estática	Blindaje externo	Horizontal: montura Vertical: toroidal	Líneas líneas		2 controles para convergencia dinámica
NEC 110°	20 18	29	36 34	Anillos de corrección de coma	Blindaje externo	Horizontal: montura o Toroidal Vertical: toroidal	ranuras cortas Líneas	Similar a 7 c	
MEC 110°	18	29	34	Anillos de corrección de coma	Blindaje externo	Toroidal	ranuras cortas Líneas puenteadas		5 controles de convergencia dinámica

avance de cargas transitorias a lo largo del mismo.

Veamos algunos detalles constructivos de estos tubos denominados 20AX. En primer lugar cabe aclarar que la cifra 20 que aparece en la sigla anterior no se refiere a las dimensiones del tubo, ya que se los construye de 18, 22 y 26 pulgadas de diagonal. Desde que es un tubo tricolor lleva 3 cátodos, uno para la señal del rojo, otro para el verde y el tercero para el azul. Sus cátodos son coplanares y la disposición de los electrodos puede observarse en la figura 200. Las iniciales correspondientes a los colores se han tomado de los nombres de los mismos en inglés: *R* de *red*, para el rojo; *G* de *green*, para el verde y *B* de *blue*, para el azul. En la disposición a lo largo del eje y en la distribución de conexiones en el zócalo de la figura se observan los tres cátodos. las tres grillas sensibles G_1 y las aceleradoras G_2 para cada color. Asimismo se observa la posición del zócalo con respecto al eje horizontal de la pantalla y la del contacto del ánodo.

En la figura 201 podemos apreciar algunos detalles exteriores de uno de los tubos 20AX, el que lleva la denominación A56-500X que corresponde a una diagonal de 22 pulgadas (57,6 cm). La figura 202 muestra idénticos detalles del tipo A66-500X que tiene una diagonal de 26 pulgadas (67 cm). En ambos casos tenemos las medidas del cuello, del cuerpo, las ubicaciones de la aletas de fijación, etc.

Es interesante mostrar una tabla comparativa entre los distintos tubos de cañones coplanares como los que tiene el 20AX de Philips, para establecer las diferencias que poseen. Esta tabla tomada de una publicación local de FAPESA se muestra en la figura 203. Aparecen allí tubos de factura norteamericana, europea y japonesa, manteniendo cada uno las particularidades que cada fábrica ha dado a sus modelos.

Toda la información sobre el funcionamiento y los detalles constructivos de los tubos tricolores que se ha dado corresponde a la actualidad. En el futuro pueden aparecer otros tipos o perfeccionarse los existentes y la práctica dirá cuales innovaciones ofrecen ventajas importantes y cuales diseños prevalecen. En nuestro medio estamos cerca de comprobar tales aseveraciones por la proximidad de encarar la fabricación de televisores cromáticos.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL

Día 1

LA EMISION TERMOIONICA 5
Los electrones 5
La emisión de electrones 6
Aprovechamiento de la emisión. La placa 7
La válvula diodo 7

Día 2

LA VALVULA DIODO – RECTIFICACION 10
La rectificación 10
El capacitor enderezador 12
El filtro completo 13
Tensión inversa de cresta 14
Rectificación de onda completa 16

Día 3

LA VALVULA TRIODO – AMPLIFICACION 18
Control del flujo electrónico 18
El triodo 19
Curvas características 21
Efecto de amplificación del triodo 23
Factores característicos 24
Ecuación de Barkhausen 25

Día 4

TETRODOS Y PENTODOS 26
Carga espacial. La pantalla 26
Tipos de tetrodos 27
Emisión secundaria 28
La supresora. El pentodo 29
Pentodos de haz concentrado 30
Pentodos de supercontrol 32

Día 5

VALVULAS MULTIPLES Y ESPECIALES 34
Las válvulas dobles 34
Válvulas combinadas 35
Indicador visual 37

Diodos gaseosos 38
El triodo gaseoso thyratrón 39
Día 6
ALIMENTACION DE VALVULAS 41
Alimentación de filamentos. Fuente A 41
Válvulas para pilas o baterías 41
Válvulas para la red eléctrica 43
La resistencia serie 45
Alimentación de placas. Fuente B 46
Fuente B con batería directa 47
Fuente B para alterna 48
Fuente B para continua 49
Fuente B para ambas corrientes 49
Fuente B para equipos móviles 50
Alimentación de pantallas 51
Polarización de grillas. Fuente C 53
Polarización en equipos de potencia 54
Día 7
LA VALVULA AMPLIFICANDO 56
Amplificación de tensión 56
Amplificación con pentodos 57
Amplificación de potencia 58
Relación del transformador 59
Distorsión del amplificador 59
Realimentación negativa 60
Amplificador simétrico 62
Inversión de fase 63
Clases de amplificación simétrica 65
Acoplamiento entre etapas 66
Día 8
LA VALVULA OSCILANDO 69
Conceptos básicos 69
Acción de la válvula 70
Frecuencia de las señales 71
Variación de la frecuencia 71
Oscilador Hartley 72
Oscilador Colpitts 72
Oscilador Clapp 73
Multivibradores 73
Oscilador Franklin 75
Osciladores a cristal 75
Día 9
LA VALVULA MODULANDO Y DETECTANDO 78
Tipos de modulación 78
MODULACION DE AMPLITUD 78
Modulación por absorción 79
Modulación en grilla 79

Modulación en placa ... 80
Modulación en pantalla ... 81
MODULACION DE FRECUENCIA ... 81
DETECCION ... 83
Detección de amplitud ... 83
Detección de frecuencia ... 84
Comparación entre los sistemas ... 85
Día 10
LA VALVULA EN CIRCUITOS DE CONTROL ... 87
Reguladoras de corriente ... 87
Reguladoras de tensión ... 88
Regulación con válvulas comunes ... 89
Conversora de frecuencia ... 89
Limitadora de amplitud ... 90
Control de carga y descarga de capacitores ... 91
Control automático de frecuencia ... 92
Control automático de ganancia ... 94
Día 11
USO DE LAS VALVULAS ... 96
Bulbos o ampollas ... 96
Construcción interna ... 98
Zócalos ... 99
Los zócalos se miran desde abajo ... 101
Accesorios para válvulas ... 102
Nomenclatura de válvulas ... 103
Nomenclatura en la serie americana ... 104
Nomenclatura en la serie europea ... 105
Día 12
EL MANUAL DE VALVULAS – REEMPLAZOS ... 106
El manual de válvulas ... 106
Datos sobre cada válvula ... 107
Reemplazo directo de válvulas ... 109
Reemplazos con cambio de valores ... 110
Reemplazos con cambio de zócalo ... 110
Reemplazos con cambios de conexiones ... 111
Día 13
EL TUBO DE RAYOS CATODICOS ... 113
Desviación del haz con un campo eléctrico ... 113
Desviación del haz con un campo magnético ... 114
Enfoque del haz con campo eléctrico ... 115
Enfoque del haz con campo magnético ... 116
El tubo completo ... 116
Conexiones del tubo electrostático ... 117
Conexiones del tubo electromagnético ... 118
Las bobinas deflectoras ... 119
La mancha iónica ... 120

Día 14

IMAGENES EN LA PANTALLA DEL TUBO 123
Deflexión con tensiones continuas 123
Deflexión con tensiones variables 124
Deflexión con tensiones "diente de sierra" 127
Barrido de exploración 129
El tubo de televisión 130

Día 15

USO DE LOS TUBOS – REEMPLAZOS 131
Dimensiones de los tubos 131
Ajustes iniciales del tubo 132
Datos sobre las pantallas de los tubos 133
Coloración de las pantallas 135
Tensiones aceleradoras 136
Sensibilidad del tubo 136
Otros datos de los manuales 136
Reemplazos de tubos 138
Tubos de cátodo rápido 138
Tubos de 20 mm 139

APENDICE – TUBOS DE IMAGEN PARA TV – COLOR 143
El tubo tricolor de máscara selectora 143
Ajuste de la convergencia 144
Otros tubos tricolores 146
El tubo 20AX de Philips 148

Esta edición
se terminó de imprimir en los
Talleres Gráficos TALGRAF
Talcahuano 638 - Buenos Aires
Rep. Argentina en el mes de julio de 1978

LA MAS MODERNA COLECCION DE LIBROS TECNICOS SIMPLIFICADOS AL ALCANCE DE TODOS

por CHRISTIAN GELLERT *con la dirección técnica del* ING. FRANCISCO L. SINGER

APRENDA ELECTRICIDAD EN 15 DIAS

Conocimientos básicos fundamentales de la Electricidad para aprender Radio y Televisión.

APRENDA RADIO EN 15 DIAS

Además de la teoría este libro lo guiará en el armado de un receptor modelo.

APRENDA SERVICE DE RADIO EN 15 DIAS

Paso a paso aprenderá a revisar, reparar y calibrar todo tipo de radio-receptores.

APRENDA TELEVISION EN 15 DIAS

Describe un aparato de televisión al mismo tiempo que le enseña a construirlo.

APRENDA SERVICE DE TV EN 15 DIAS

Cuadros prácticos y una guía para todos los que se dedican a reparar televisores.

APRENDA HI-FI Y ESTEREO EN 15 DIAS

Toda la amplificación del sonido con circuitos, tablas, gabinetes y ambientes adecuados.

APRENDA VALVULAS Y TUBOS EN 15 DIAS

Teoría, funcionamiento y reemplazos de las válvulas y tubos de imagen.

APRENDA TRANSISTORES EN 15 DIAS

Teoría y práctica de los semiconductores con circuitos explicados y datos para el uso.

APRENDA SERVICE-TRANSISTOR EN 15 DIAS

Revisión y reparación de toda clase de equipos transistorizados.

APRENDA MOTORES EN 15 DIAS

Todos los motores a vapor, a explosión y diesel explicados en forma teórica y práctica.

APRENDA MATEMATICAS EN 15 DIAS

Para manejar números y letras, realizar cálculos y entender las fórmulas técnicas.

APRENDA ELECTRONICA EN 15 DIAS

Modernas aplicaciones de esta ciencia en la industria, el automotor y la vivienda.

APRENDA INSTRUMENTAL EN 15 DIAS

Los aparatos más usados en Radio y TV con sus circuitos y explicaciones para el uso.

APRENDA TRANSMISION EN 15 DIAS

Para armar, ajustar y usar receptores y transmisores de aficionados.

APRENDA FM Y MULTIPLEX EN 15 DIAS

Para escuchar estereofonía por radio con la más alta fidelidad conocida.

APRENDA FISICA EN 15 DIAS

Para conocer a fondo los fenómenos que se operan en los cuerpos y las leyes que los rigen.

Digitalizado sin fines de lucro
por Pato del Averno,
para su blog educativo
blogtecnicodidactico1.blogspot.com
en Buenos Aires, 2024,
con gratitud hacia los dueños,
autores, y editores originales,
y sus descendientes.